

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-189121

(43)公開日 平成6年(1994)7月8日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N	1/40	D 9068-5C		
	1/46	9068-5C		
	9/64	R 8942-5C		
	9/79	H 7916-5C		

審査請求 未請求 請求項の数4(全22頁)

(21)出願番号	特願平4-313849	(71)出願人	000005821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22)出願日	平成4年(1992)11月25日	(72)発明者	石原 秀志 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72)発明者	山下 春生 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72)発明者	松本 泰樹 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(74)代理人	弁理士 森本 義弘

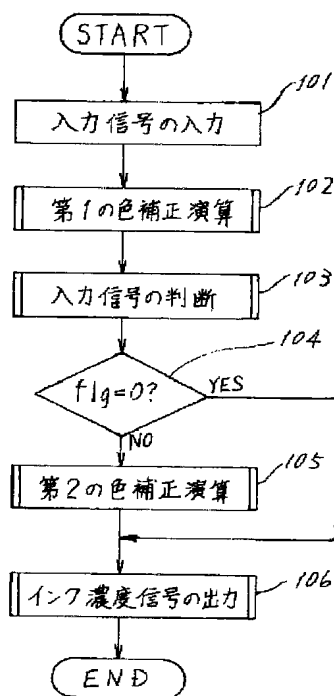
(54)【発明の名称】 カラー画像形成方法

(57)【要約】

【目的】プリンタの再現不可能な入力信号に対して、プリンタで再現可能な色のうち人間が最も好ましいと感じる色による色再現を行い、高画質なカラー画像を形成する。

【構成】入力信号(R, G, B)に対してプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行う第1の色補正演算をほどこし第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)を得る。第1のインク濃度信号を用いて、入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかの判断を行う。プリンタで再現不可能な入力信号に対して、入力信号に応じた評価関数を用いてプリンタで再現可能な色のうち、最適な色再現を行なう第2のインク濃度信号を求める第2の色補正演算を行う。

【効果】プリンタで再現不可能な入力信号に対して、入力信号に応じた評価関数を用いて決定した第2のインク濃度信号により記録を行うことにより、高画質なカラー画像を形成できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 入力信号をプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行い第1のインク濃度信号（Y1，M1，C1）に変換する第1の色補正演算工程と、前記入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかを判断する判断工程と、前記判断工程でプリンタで再現不可能と判断した入力信号に対して、記録可能なインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現を予測し、入力信号に応じて異なった評価関数を用いて入力信号と前記色再現予測の両者から評価値を計算し、評価値が最良となるインク濃度信号を探索することにより、プリンタで再現可能な色のうち最適な色を再現する第2のインク濃度信号（Y2，M2，C2）に変換する第2の色補正演算工程とを有し、前記判断工程の結果に応じて、入力信号が再現可能な色である場合には前記第1のインク濃度信号（Y1，M1，C1）を、入力信号が再現不可能な色である場合には前記第2のインク濃度信号（Y2，M2，C2）を、それぞれ用いてインク濃度を制御し、カラー画像を形成することを特徴とするカラー画像形成方法。

【請求項2】 第2の色補正演算における評価関数が、入力信号が表わす色とプリンタの色再現予測との明度、彩度、色相に関する差を用いた情報に、それぞれの重み係数を掛けた情報を用いるものであり、入力信号に応じて前記重み係数を変化させるものであることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のカラー画像形成方法。

【請求項3】 入力信号をプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行い第1のインク濃度信号（Y1，M1，C1）に変換する第1の色補正演算工程と、前記入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかを判断する判断工程と、前記判断工程がプリンタで再現不可能と判断した入力信号に対して、プリンタで再現可能な色のうち最適な色を再現する第2のインク濃度信号（Y2，M2，C2）に変換する第2の色補正演算工程とを有し、前記判断工程の結果に応じて、前記入力信号が再現可能な色である場合には前記第1のインク濃度信号（Y1，M1，C1）を、前記入力信号が再現不可能な色である場合には前記第2のインク濃度信号（Y2，M2，C2）を、それぞれ選択することにより第3のインク濃度信号（Y3，M3，C3）を決定し、注目する入力信号に対する前記第3のインク濃度信号（Y3，M3，C3）に、入力信号からなる色空間において前記注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対する前記第3のインク濃度信号（Y3，M3，C3）を、

* C3）を用いた近傍演算をほどこすことにより第4のインク濃度信号（Y4，M4，C4）を求め、前記第4のインク濃度信号（Y4，M4，C4）を用いてインク濃度を制御し、カラー画像を形成することを特徴とするカラー画像形成方法。

【請求項4】 第2の色補正演算が、記録可能なインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現を予測し、入力信号に応じて異なった評価関数を用いて入力信号と前記色再現予測の両者から評価値を計算し、評価値が最良となるインク濃度信号を探索することにより、プリンタで再現可能な色のうち最適な色を再現する第2のインク濃度信号（Y2，M2，C2）に変換するものであることを特徴とする特許請求の範囲第3項記載のカラー画像形成方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、カラー画像をプリントアウトするカラープリンタ、カラー複写機などのカラー画像形成方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 カラープリンタ、カラー複写機などのハードコピー分野のカラー画像形成装置における色再現は、加法混色原理で用いられる色光の3原色の（R，G，B）の補色であるシアン（C）、マゼンタ（M）、イエロー（Y）の3色のインクで色光の反射率を調整する減法混色原理による色再現である。

【0003】 図11に昇華型熱転写記録方式のプリンタで用いられるインクの分光吸収特性の例を示す。このインクの例でも分かるように、現実のインクの分光吸収特性は中心波長が理想から外れていることと、吸収特性がブロードなため不要吸収成分が存在することから、現実のインクを用いた色再現では希望する色とは色相が異なり、彩度の低い色が再現される。このため希望の色を再現する色補正が必要となる。

【0004】 従来、ハードコピーの分野ではこの色補正として、マスキングと呼ばれる手法が用いられている。マスキングのうち最もよく用いられているのは（1）式の示したように、インク濃度信号（Y，M，C）を3原色輝度信号（R，G，B）の補色である3原色濃度信号（D_R，D_G，D_B）に対する線形のマトリクス演算で決定する線形マスキングと呼ばれるものである。

【0005】

【数1】

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_R \\ D_G \\ D_B \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

【0006】線形マスキングは現実のインクを用いた色再現において濃度の加法則(Lambert-Beer則)が成り立ち、色再現が色空間全域にわたり線形演算で表現できることを前提としているが、現実のインクを用いた色再現では、たとえば昇華型熱転写記録方式のプリンタの場合ではインクの再昇華現象、インクの内部反射など種々の非線形要因が存在し、厳密には相加則、比例則が成立しないことが知られている。

*

$$\begin{aligned} C &= a_0 \cdot D_R + a_1 \cdot D_G + a_2 \cdot D_B + a_3 \cdot D_R^2 + a_4 \cdot D_G^2 + a_5 \cdot D_B^2 \\ &\quad + a_6 \cdot D_R \cdot D_G + a_7 \cdot D_G \cdot D_B + a_8 \cdot D_B \cdot D_R \\ M &= a_9 \cdot D_R + a_{10} \cdot D_G + a_{11} \cdot D_B + a_{12} \cdot D_R^2 + a_{13} \cdot D_G^2 + a_{14} \cdot D_B^2 \\ &\quad + a_{15} \cdot D_R \cdot D_G + a_{16} \cdot D_G \cdot D_B + a_{17} \cdot D_B \cdot D_R \\ Y &= a_{18} \cdot D_R + a_{19} \cdot D_G + a_{20} \cdot D_B + a_{21} \cdot D_R^2 + a_{22} \cdot D_G^2 + a_{23} \cdot D_B^2 \\ &\quad + a_{24} \cdot D_R \cdot D_G + a_{25} \cdot D_G \cdot D_B + a_{26} \cdot D_B \cdot D_R \quad \dots (2) \end{aligned}$$

【0009】これは現実のインクを用いた色再現に存在する非線形要因を含めて2次式で色補正を行うものであり、27個の補正係数 $a_0 \sim a_{26}$ は濃度差に関する最小自乗法により決定されたものを用いている(たとえば『色再現のための画像処理』、写真工業別冊「イメージング Part 1」)。

【0010】さらに、ハードコピーにおける色再現では色再現範囲の問題がある。プリンタが記録可能な濃度範囲は、装置特有の最高記録濃度以下で、かつ記録に使用する受像紙の紙面濃度以上である。この記録可能な濃度範囲と不要吸収成分が存在する現実インクの分光吸収特性により、再現可能な色再現範囲が制限され、一般的にCRTに比べるとプリンタの色再現範囲は狭いものである。

【0011】図12に色再現範囲の例を示す。図12は国際照明委員会CIEにより勧告された $L^* u^* v^*$ 系均等色空間にCRTの色再現範囲と、プリンタの色再現範囲を三面図で示したものである。図12(a)は $u^* v^*$ 平面に、図12(b)は $L^* u^*$ 平面に、図12(c)は $L^* v^*$ 平面に、それぞれの色再現範囲を投影した図である。なお、プリンタの色再現範囲は図11に示した分光吸収特性を有するインクを用いたもので、CRTの色再現範囲はNTSC方式のCRTのものである。

【0012】このように、プリンタの色再現範囲はCRTの色再現範囲に比べて狭いものであることから、記録すべき入力信号としてプリンタの色再現範囲を越えた色を要求する信号が入力される場合がある。その場合には、上述したような線形マスキングや非線形高次マスキングの演算結果のインク濃度信号(Y, M, C)のうち少なくとも1色の信号にプリンタで記録不可能な濃度信号、すなわち紙面濃度より低い、あるいは最高濃度より高い濃度が存在することになる。

【0013】従来の技術では、この再現不可能なインク濃度信号に対しては、紙面濃度より低いインク濃度信号

*【0007】そこで、インク濃度信号(Y, M, C)を3原色濃度信号(D_R , D_G , D_B)に対する高次の多項式で決定する非線形高次マスキングが提案されている。その中で最も簡単な2次のマスキング方程式を(2)式に示す。

【0008】

【数2】

を要求した場合には紙面濃度に、最高濃度を越えるインク濃度信号を要求した場合には最高濃度に、それぞれリミッタをほどこして記録を行っていた。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、インク濃度信号と人間が知覚する色とは非線形な関係であることから、インク濃度信号に対するリミッタは色再現的には最適なものとはならないことになる。

【0015】図13にマスキング演算結果のインク濃度信号に対してリミッタをほどこした場合の色再現の例を示す。図13において、 P_i ($i=1 \sim 3$)は入力信号が表わす目標色であり、プリンタで再現不可能な入力信号である。そして、 Q_i ($i=1 \sim 3$)は、マスキング演算結果のインク濃度信号のうち記録不可能なインク濃度信号に対して、紙面濃度と最高濃度のリミッタをほどこした場合に再現される色を表わしたものである。

【0016】この例のように、従来の技術では入力信号に対応する目標色がプリンタの色再現範囲を越える場合に、プリンタで再現可能な色の中に人間がより好ましいと感じる色が存在するにも関わらず、大きく異なった色を再現することにより画質の劣化を感じさせる場合があるという問題があった。

【0017】本発明はかかる点に鑑み、プリンタで再現可能な入力信号に対しては忠実な色再現を行うとともに

に、プリンタで再現不可能な入力信号に対しては再現可能な色のうち人間が最も好ましく感じる色再現を行うことができるカラー画像形成方法、および入力信号がプリンタで再現不可能な色で連続的に変化するような画像を記録する場合にも、急激な色再現の変化を抑え、不連続な色再現を緩和することができるカラー画像形成方法を提供することを目的としている。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために本発明のカラー画像形成方法は、入力信号をプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行い第1のイン

ク濃度信号(Y1, M1, C1)に変換する第1の色補正演算工程と、前記入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかを判断する判断工程と、前記判断工程でプリンタで再現不可能と判断した入力信号に対して、記録可能なインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現を予測し、入力信号に応じて異なった評価関数を用いて入力信号と色再現予測の両者から評価値を計算し、評価値が最良となるインク濃度信号を探索することにより、プリンタで再現不可能な入力信号に対してプリンタで再現可能な色のうち最適な色を再現する第2のインク濃度信号(Y2, M2, C2)に変換する第2の色補正演算工程とを有し、前記判断工程の結果に応じて、前記入力信号が再現可能な色である場合には前記第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)を、前記入力信号が再現不可能な色である場合には前記第2のインク濃度信号(Y2, M2, C2)を、それぞれ用いてインク濃度を制御し、カラー画像を形成するものである。

【0019】また、本発明のカラー画像形成方法は、第2の色補正演算における評価関数が、入力信号が表わす色とプリンタの色再現予測との明度、彩度、色相に関する差を用いた情報に、それぞれの重み係数を掛けた情報を用いたものであり、入力信号に応じて前記重み係数を変化させるものである。

【0020】さらに、本発明のカラー画像形成方法は、入力信号をプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行い第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)に変換する第1の色補正演算工程と、前記入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかを判断する判断工程と、前記判断工程がプリンタで再現不可能と判断した入力信号に対して、プリンタで再現可能な色のうち最適な色を再現する第2のインク濃度信号(Y2, M2, C2)に変換する第2の色補正演算工程とを有し、前記判断工程の結果に応じて、前記入力信号が再現可能な色である場合には前記第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)を、前記入力信号が再現不可能な色である場合には前記第2のインク濃度信号(Y2, M2, C2)を、それぞれ選択することにより第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)を決定し、注目する入力信号に対する前記第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)に、入力信号からなる色空間において前記注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対する前記第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)を用いた近傍演算をほどこすことにより第4のインク濃度信号(Y4, M4, C4)を求め、前記第4のインク濃度信号(Y4, M4, C4)を用いてインク濃度を制御し、カラー画像を形成するものである。

【0021】

【作用】上記構成により、プリンタで再現不可能な入力信号に対して、プリンタで再現可能な色で最適なインク

濃度信号を求める第2の色補正演算をほどこすが、この際に、第2の色補正演算において最適性を判断する評価関数を入力信号に応じて異なったものを用いるものであり、入力信号に応じて人間が最も好ましく感じる色再現を行うインク濃度信号を決定する評価関数を用いることにより、全ての入力信号に対して人間が最も好ましいと感じる色再現が可能となる。

【0022】また、評価関数として、入力信号が表す色とプリンタの再現色との明度、彩度、色相に関する差を用いた情報に、それぞれの重み係数を掛けた情報を用いるものであり、しかもこの重み係数を入力信号に応じて変化させることにより、色の3属性である明度、彩度、色相のうち、いずれの要素を重視するか、また、重視する程度を入力信号に応じて連続的に変化させることが可能となる。

【0023】さらに第1の色補正演算工程、第2の色補正演算工程を経て得られた第3のインク濃度信号に、入力信号からなる入力色空間において注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対する第3のインク濃度信号を用いた近傍演算をほどこすことにより、入力信号の変化にともなうインク濃度信号の急激な変化を緩和し、再現画像の階調性の滑らかさを保つことが可能となる。

【0024】

【実施例】以下、本発明のカラー画像形成方法に関する第1の実施例を、イエロー、マゼンタ、シアンの3色のインクを用いた昇華型熱転写方式のフルカラープリンタを用い、CRTを駆動する3原色輝度信号(R, G, B)に対するインク濃度信号(Y, M, C)をソフトウェアにより決定した例について説明する。

【0025】第1の実施例に用いた実験装置のブロック構成図を図2に示す。図2において、201は本実施例のカラー画像形成方法を実行するCPU、202はCPU201がプログラムを実行する際にワーク領域として使用するRAM、203はCPU201が実行するプログラムなどを格納するROM、204は記録すべき入力信号(R, G, B)を入力するとともに、インク濃度信号(C, M, Y)を出力するI/O手段、205はCPU201、RAM202、ROM203、I/O手段204を相互に接続するバス、206はI/O手段204から出力されるインク濃度信号(Y, M, C)に応じて、印加エネルギーを制御する制御手段、207は制御手段206によって制御される印加エネルギーに応じて図示しないインクシートに熱を印加し、図示しない受像紙にカラー画像を形成するサーマルヘッドである。

【0026】このように構成された実験装置において、第1の実施例ではソフトウェアによりカラー画像形成方法が実行される。このときのCPU201により実行される処理の全体の流れを図1に、さらに詳細な処理の流れを図3、図5に示す。

【0027】まず、図1を用いて全体の処理手順を示

す。ステップ101において、記録すべき入力信号 (R, G, B) をI/O手段204を介して入力する。ステップ102において、プリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行なう第1の色補正演算をほどこし、第1のインク濃度信号 (Y1, M1, C1) を得る。

【0028】ステップ103において、第1のインク濃度信号 (Y1, M1, C1) を用いて、入力信号 (R, G, B) がプリンタで再現可能な色であるが、再現不可能な色であるかの判断を行い、再現可能な色であると判断した場合には判断結果を表わすf1g信号をf1g=0、再現不可能な色であると判断した場合にはf1g=1と設定する。

【0029】ステップ104では、ステップ103の判断結果に応じて、入力信号 (R, G, B) が再現可能な色 (f1g=0) の場合にはステップ106へ、入力信号 (R, G, B) が再現不可能な色 (f1g=1) の場合にはステップ105への分岐を行う。

【0030】ステップ105では、プリンタで再現不可能な入力信号 (R, G, B) に対して、プリンタで再現可能な色のうち、最適な色再現を行うことのできる第2のインク濃度信号 (Y2, M2, C2) を求める第2の色補正演算を行う。

【0031】ステップ106において、f1g信号に応*

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

【0036】次に、(4)式の補色変換により第2の輝度信号 (R', G', B') の各々を減法混色原理に基づく3原色濃度信号 (Dr, Dg, Db) に変換する。

【0037】

【数4】

$$\begin{aligned} D_R &= \log (1/R') \\ D_G &= \log (1/G') \\ D_B &= \log (1/B') \end{aligned} \quad \dots (4)$$

【0038】そして、インクの不要吸収成分による色濁りを補正する目的で、非線形なマスキング演算をほどこす。まず、濃度信号をインクの色材量に相当する信号への変換を行う。具体的にはインクの色材量と濃度の関係の非線形度合を表わす定数をa (a>1) とすると、(5)式に示した第1の非線形変換により補色変換で得

*じて第1のインク濃度信号 (Y1, M1, C1)、もしくは第2のインク濃度信号 (Y2, M2, C2) を記録に用いるインク濃度信号 (Y, M, C) としてI/O手段204から出力する。

【0032】そして、図2において、I/O手段204から出力されたインク濃度信号 (Y, M, C) に応じて制御手段206がイエロー、マゼンタ、シアン順に面順次でサーマルヘッド207の熱量を制御することにより、図示しない受像紙に階調記録を行いカラー画像を形成する。

【0033】続いて、ステップ102で実行される第1の色補正演算に関して説明する。本実施例においては、輝度信号における線形マトリクス演算と、濃度信号における非線形なマスキング演算を組み合わせた演算を第1の色補正演算として用いた。

【0034】以下のその詳細な処理に関して説明する。まず、入力信号 (R, G, B) に対して、プリンタの色再現の目標であるCRTの蛍光体の分光特性の中心波長と、プリンタにおいて使用するインクの分光吸収特性の中心波長のずれを補正する目的で、(3)式の輝度マトリクス演算をほどこし、第2の輝度信号 (R', G', B') に変換する。

【0035】

【数3】

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

られた3原色濃度信号 (Dr, Dg, Db) の各々を、インクの色材量に相当する信号 (C', M', Y') に非線形変換する。

【0039】

【数5】

$$\begin{aligned} C' &= D_R^a \\ M' &= D_G^a \\ Y' &= D_B^a \end{aligned} \quad \dots (5)$$

【0040】次に、第1の非線形変換の出力である (C', M', Y') を(6)式の線形のマトリクス演算により第2の非線形信号 (C'', M'', Y'') に変換する。

【0041】

【数6】

$$\begin{bmatrix} C'' \\ M'' \\ Y'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C' \\ M' \\ Y' \end{bmatrix} \quad (6)$$

... (6)

【0042】さらに、第1の非線形変換の逆関数であり、(7)式で示した第2の非線形変換により得た(C'', M'', Y'')の各々を、第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)に変換する。

【0043】

【数7】

$$C1 = C''^{1/a}$$

$$M1 = M''^{1/a}$$

$$Y1 = Y''^{1/a}$$

... (7)

【0044】本実施例では、プリンタで再現可能な入力*

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 0.896 & 0.096 & 0.008 \\ 0.002 & 0.835 & 0.163 \\ 0.068 & -0.035 & 0.967 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1.443 & -0.105 & 0.037 \\ -0.360 & 1.694 & -0.032 \\ 0.002 & -0.679 & 1.978 \end{bmatrix}$$

$$a = 1.572$$

... (8)

【0046】なお、本実施例で用いた第1の色補正演算は、プリンタで再現可能な色に対してはL* u* v* 系均等色空間での平均色差E_{uv}がE_{uv}=4.3という高精度な補正が可能であった。

【0047】続いて、入力信号(R, G, B)がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかを判断するステップ103の処理の詳細な説明を行う。図

*信号に対する色補正が最適に作用するよう、プリンタで再現可能な色再現域にほぼ均等に位置する100色程度の色票に対するCRTとプリンタの色再現の誤差の平均値を最小にするために、(3)式の輝度マトリクス演算における{b_{kl}}、(6)式の線形マトリクス演算における{a_{kl}} (k=1~3, l=1~3)、および(5)式、(7)式における補正係数aを収束演算により決定した。本実施例では用いた各補正係数を(8)式に示す。

【0045】

【数8】

4にプリンタで用いるイエロー(Y)、マゼンタ(M)、シアン(C)の各インクの濃度信号を直交座標系の軸として表した色空間(以後インク濃度空間と呼ぶ)におけるプリンタの再現可能な領域を示す。図4(a)はインク濃度空間の斜視図、図4(b)はM軸上方からYC平面を見た図、図4(c)はY軸上方からMC平面を見た図、図4(d)はC軸上方からYM平面を

見た図である。

【0048】図4に示すように、インク濃度空間においてはプリンタが再現可能な領域は各インクを用いて記録可能な濃度で表現される。すなわち、イエロー、マゼンタ、シアン、各色の紙面濃度をそれぞれ(Y0, M0, C0)、記録可能な最高濃度を(Ymax, Mmax, Cmax)で表わすと、インク濃度空間でプリンタの再現可能な領域はY=Y0、M=M0、C=C0、Y=Ymax、M=Mmax、C=Cmaxの6つの面で囲まれた直方体で表わされる領域になる。

【0049】このことから、第1の色補正演算がプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行う演算である場合には、入力信号(R, G, B)がプリンタで再現可能な色か、再現不可能な色かを判断するには、第1の色補正演算結果の第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)のそれぞれが、Y0 ≤ Y1 ≤ Ymax、M0 ≤ M1 ≤ Mmax、C0 ≤ C1 ≤ Cmaxであることを調べることにより判断できる。ステップ103では、第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)のそれぞれが紙面濃度以上でかつ最高濃度以下であるかを調べている。

【0050】図3にステップ103の詳細な処理の流れを示す。図3において、ステップ301では第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)のうちイエローのインク濃度信号Y1が紙面濃度以上でかつ最高濃度以下の範囲の値であるかを調べる。範囲に入っていない場合には、入力信号は再現不可能な色であると判断し、ステップ305においてf1g=1を設定する。

【0051】ステップ302、303では、第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)のマゼンタのインク濃*

*度信号M1、シアンのインク濃度信号C1に対して、それぞれ同様の比較を行う。

【0052】そして、第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)が全て記録可能な濃度信号である場合には、入力信号(R, G, B)が再現可能な色であるとし、ステップ304においてf1g=0を設定する。

【0053】以上のように、本実施例では第1の色補正演算の結果である第1のインク濃度信号(Y1, M1, C1)を用いて入力信号(R, G, B)がプリンタで再現可能な色か、再現不可能な色かの判断を行う。

【0054】続いて、ステップ105の第2の色補正演算に関して説明する。本実施例における第2の色補正演算は入力信号(R, G, B)の色、すなわちプリンタの色再現の目標色を求めておき、目標色に応じて評価関数を決定し、設定したインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現を予測し、目標色と色再現の予測値から計算される評価値が最適になるインク濃度信号を求めるものである。

【0055】図5に第2の色補正演算の詳細な処理の流れを示す。まず、ステップ501で入力信号(R, G, B)をプリンタの色再現の目標色の色信号に変換する。本実施例では入力信号としてCRTを駆動する3原色輝度信号(R, G, B)を用いており、NTSC方式のCRTに3原色輝度信号を入力した際に再現される3刺激値(Xo, Yo, Zo)をNTSC方式のCRTの出力方程式(9)式で求めた。

【0056】

【数9】

$$\begin{bmatrix} X_o \\ Y_o \\ Z_o \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.60699 & 0.17345 & 0.20057 \\ 0.29897 & 0.58642 & 0.11461 \\ 0.0 & 0.066075 & 1.11586 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

... (9)

【0057】さらに、人間の視覚特性を考慮して、3刺激値(Xo, Yo, Zo)を(10)式によりL* u* v*系均等色空間の座標(Lo*, uo*, vo*)に変換した。ここで、(10)式は国際照明委員会CIE

により勧告されたL* u* v*系均等色空間への変換式である。

【0058】

【数10】

$$L_0^* = 116 \left(\frac{Y_0}{Y_n} \right)^{1/3} - 16$$

$$\left(\frac{Y_0}{Y_n} > 0.008856 \right)$$

$$903.29 \left(\frac{Y_0}{Y_n} \right)$$

$$\left(\frac{Y_0}{Y_n} \leq 0.008856 \right)$$

$$u_0^* = 13 L_0^* (u_0' - u_n')$$

$$v_0^* = 13 L_0^* (v_0' - v_n')$$

$$u_0' = 4 X_0 / (X_0 + 15 Y_0 + 3 Z_0)$$

$$v_0' = 9 Y_0 / (X_0 + 15 Y_0 + 3 Z_0)$$

ただし、照明に用いる標準の光源がC光源で、2度視野の場合、

$$Y_n = 100$$

$$u_n' = 0.2009$$

$$v_n' = 0.4609$$

... (10)

【0059】ステップ502で入力信号に応じてプリンタで再現する色の最適性を評価する評価関数を決定する。次に最適なインク濃度信号を探索するために、ステップ503においてインク濃度信号の値を設定する。 20

【0060】ステップ504においてステップ503で設定されたインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現 (L_i^* , u_i^* , v_i^*) を予測する。ステップ505でステップ501で求めた色再現の目標色 (L_0^* , u_0^* , v_0^*) と、ステップ504で求めた色再現予測の値 (L_i^* , u_i^* , v_i^*) を用いて、ステップ502で決定された評価関数に基づいて、設定したインク濃度信号に対する評価値を求める。

【0061】ステップ506でステップ505で求めた評価値が最小であるかの判断を行い、最小であると判断した場合にはステップ503で設定したインク濃度信号を第2のインク濃度信号 (Y_2 , M_2 , C_2) として記憶する。 30

【0062】そして、ステップ508でインク濃度信号に関する探索が終了したかを判断し、探索が終了していない場合には、ステップ503に分岐して、新たにインク濃度信号を設定して、ステップ503～ステップ508を繰り返すものである。

【0063】次に、ステップ504における設定したインク濃度信号に対する色再現の予測に関して説明する。 40
本実施例において用いた第1の色補正演算は、(4)式

、(5)式、(7)式などの非線形な変換を含み、全体として非線形な演算であるが、それぞれは逆関数の存在する関数で表現していることから、インク濃度信号から3原色輝度信号への変換を第1の色補正演算の逆演算で行うことが可能である。そこで、本実施例では第1の色補正演算の逆演算を用いて、設定したインク濃度信号を入力信号の色空間である3原色輝度信号に変換し、目標色を求める場合と同様に L^* u^* v^* 系均等色空間の色信号に変換した。

【0064】まず、設定したインク濃度信号 (Y_2 , M_2 , C_2) に対して、(11)式の非線形変換をほどこすことにより、(Y_2'' , M_2'' , C_2'') に変換する。

【0065】

【数11】

$$C_2'' = C_2^a$$

$$M_2'' = M_2^a$$

$$Y_2'' = Y_2^a$$

... (11)

【0066】そして、(6)式の逆マトリクス演算である(12)式により (Y_2'' , M_2'' , C_2'') を (Y_2' , M_2' , C_2') に変換する。

【0067】

【数12】

(9)

特開平6-189121

$$\begin{bmatrix} C2' \\ M2' \\ Y2' \end{bmatrix}^{15} = \begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C2'' \\ M2'' \\ Y2'' \end{bmatrix}^{16}$$

ただし、

$$\begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}^{-1}$$

... (12)

【0068】そして、(13)式の非線形変換により、
設定した第2のインク濃度信号 (Y2, M2, C2) に
対応する3原色濃度信号 (D2_R, D2_G, D2_B) に
変換する。

【0069】

【数13】

$$D2_R = C2'^{1/a}$$

$$D2_G = M2'^{1/a}$$

$$D2_B = Y2'^{1/a}$$

... (13)

20* 【0071】

【数14】

$$R2' = 10^{-D2_R}$$

$$G2' = 10^{-D2_G}$$

$$B2' = 10^{-D2_B}$$

... (14)

【0072】そして、(15)式の逆輝度マトリクス演
算で、3原色輝度信号 (R2, G2, B2) に変換す
る。

【0073】

【数15】

【0070】さらに、(14)式の逆補色変換で加法混
色の輝度信号 (R2', B2', C2') に変換する。*

$$\begin{bmatrix} R2 \\ G2 \\ B2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b'_{11} & b'_{12} & b'_{13} \\ b'_{21} & b'_{22} & b'_{23} \\ b'_{31} & b'_{32} & b'_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R2' \\ G2' \\ B2' \end{bmatrix}$$

ただし、

$$\begin{bmatrix} b'_{11} & b'_{12} & b'_{13} \\ b'_{21} & b'_{22} & b'_{23} \\ b'_{31} & b'_{32} & b'_{33} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix}^{-1}$$

... (15)

【0074】さらに、インク濃度信号から得られた3原色輝度信号(R2, G2, B2)を入力信号(R, G, B)の場合と同様に、(9)式によるCRTに表示される3刺激値(Xi, Yi, Zi)への変換、(10)式による均等色空間の座標(Li*, ui*, vi*)への変換を行うことにより、設定したインク濃度信号を用いた場合の色再現を予測するものである。

【0075】先に述べたように本実施例で用いた第1の色補正演算は、プリンタで再現可能な色に対してはL*
u* v* 系均等色空間での平均色差EuvがEuv = 4.3という高精度な補正が可能であり、第1の色補正演算の逆関数を用いた本実施例における色再現予測も平均色差Euv = 4.3程度での高精度な色再現予測が可能であった。

【0076】続いて、本実施例におけるプリンタの再現*

$$E = \left\{ \frac{1}{a+b+c} \cdot (a \Delta L^2 + b \Delta H_{uv}^2 + c \Delta S_{uv}^2) \right\}^{1/2}$$

ここで、

$$\Delta L = L_0^* - L_i^*$$

$$\Delta S_{uv} = S_0 - S_i$$

$$S_0 = (u_0^{*2} + v_0^{*2})^{1/2}$$

$$S_i = (u_i^{*2} + v_i^{*2})^{1/2}$$

$$\Delta H_{uv} = \frac{(S_i + S_0)}{2} \cdot |\theta_0 - \theta_i|$$

$$\theta_0 = \tan^{-1} (v_0^* / u_0^*)$$

$$\theta_i = \tan^{-1} (v_i^* / u_i^*)$$

... (16)

【0078】そして、入力信号の表わす目標色に適した評価関数を主観評価実験により決定した。プリンタで再現不可能な色として、レッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の各輝度信号からなる入力色空間において、CRTの再現範囲の壁面に位置する26個の入力信号によりCRTを駆動した場合のCRTの再現色を目標色とし、数種の評価関数を用いて決定したインク濃度信号を用いてプリンタで色票を作成し、それぞれの色票と目標色とを比較し、各目標色に対して最適と感じられる色票を選択することにより各目標色に適した評価関数を決定した。評価関数としては、明度再現を重視した評価関数、色相再現を重視した評価関数、明度、色相、彩度を均等に重視した評価関数の3種の評価関数を用いた。具体的には(16)式の評価関数Eにおいて、明度重視の評価関数は明度の重み係数aを、色相重視の評価関数

色 の最適性を評価する評価関数に関して説明する。本実施例における評価関数は、(16)式に示すように目標色(L0, u0*, v0*)とプリンタの再現色(Li*, ui*, vi*)の明度(L0*, Li*)、色相(θ0, θi)、彩度(S0, Si)のそれぞれの差の自乗に重み係数を乗じたものを用いた。そして、各重み係数a, b, cを入力信号に応じて変化させることにより、入力信号に応じた評価関数Eを設定するものである。なお、ここでの彩度、色相はL* u* v* 系均等色空間での彩度、色相であり、色相に関しては明度、彩度と単位をそろえるよう、2色の色相の差に2色の彩度の平均値を乗じたものを用いた。

【0077】

【数16】

は色相の重み係数bを他に比較して大きな値とし、明度、色相、彩度を均等に重視する評価関数は各重み係数を同一の値とした。

【0079】主観評価により決定した各入力信号に対して最適と判断した評価関数を図6に示す。図6はレッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の各輝度信号を直交座標系の軸として表わした入力色空間において、主観評価実験の目標色として選んだ26個の入力信号に対して、最適と判断した評価関数を示したものであり、図6(a)はCRTの再現範囲を白(W)側から見た図であり、図6(b)はCRTの再現範囲を入力色空間の原点である黒(Bk)側から見た図である。たとえば、目標色がCRTのブルー(B)の場合には各重み係数を同一の値とした評価関数により決定したインク濃度信号を用いて作成した色票が最も好ましく感じられ、目標色が

CRTのグリーン（G）の場合には明度を重視した評価関数により決定したインク濃度信号を用いて作成した色票が最も好ましく感じられ、目標色がCRTのレッド

（R）の場合には色相を重視した評価関数により決定したインク濃度信号を用いて作成した色票が最も好ましく感じられた。また、図6において、黒丸で示した、CRTの白（W）と黒（Bk）に対しては、いずれの評価関数を用いても同一のインク濃度信号（Wに対してはYMCとも紙面濃度、Bkに対してはYMCとも最高濃度）が得られた。本実施例では図6に示すように明度、色

【0080】続いて、第1の実施例におけるカラー画像形成方法により決定したインク濃度信号を用いた色再現実験結果の例を示す。図7は $L^*u^*v^*$ 系均等色空間においてプリンタの色再現不可能な入力信号としてのCRTのレッド、グリーン、ブルーと、各入力信号に対するプリンタの色再現の結果を示したものである。図7において、P4、R4はレッドの目標色とプリンタの再現色、P5、R5はグリーンの目標色とプリンタの再現色、P6、R6はブルーの目標色とプリンタの再現色をそれぞれ表わしたものである。先に述べたように、レッドの入力信号に対しては、色相を重視した評価関数を用いてインク濃度信号を決定したことにより、プリンタで再現可能な色のうち目標色と色相がほぼ同じ再現が行われた。同様に、グリーンの入力信号に対しては、目標色と明度がほぼ同じ色再現が行われ、ブルーの入力信号に対しては、プリンタで再現可能な色のうち目標色と均等色空間での距離が小さくなるよう色再現が行われた。

【0081】以上、本発明のカラー画像形成方法の第1の実施例に関して、実験装置の構成、動作、さらに入力信号に対するインク濃度信号を決定する処理、入力信号に適した評価関数、さらに実験結果を説明した。このように、本実施例では入力信号に応じて主観評価実験により決定した評価関数を用いて、インク濃度信号を決定することにより、目標色と比較して人間が最も好ましいと感じる色再現を行い、画質を大きく改善することが可能となった。

【0082】なお、本実施例では、図6に示した評価関数を用いたが、プリンタの色再現範囲はプリンタの記録方式や、使用するインクの分光特性により異なったものとなることから、目標色に適した評価関数はプリンタにより異なった結果になることが考えられ、本発明はこの評価関数に限定されるものではない。

【0083】次に本発明のカラー画像形成方法の第2の実施例に関して説明する。本発明の第2の実施例は第1の実施例と同様の実験装置を用いて行った。第2の実施例では、各々8bit精度の入力信号の各色上位5bitで与えられる $32 \times 32 \times 32$ 個の離散的な代表点に

対応するインク濃度信号（C，M，Y）をあらかじめLUT（ルック・アップ・テーブル）として図2のRAM202上に格納し、記録に際して、代表点の中間に位置する入力信号に対するインク濃度信号は、3次元線形補間方式である8点補間方式により決定するものである。また、本実施例のカラー画像形成方法は、プリンタで再現不可能な入力信号も含めて $32 \times 32 \times 32$ 個の離散的な代表点の入力信号に対するインク濃度信号を決定し、さらに入力色空間において、近傍演算をほどこすことにより記録に用いるインク濃度信号を決定するものである。

【0084】図8を用いて本実施例におけるテーブル作成の処理全体を説明する。 $32 \times 32 \times 32$ 個の離散的な代表点の入力信号全てに対するインク濃度信号を決定するため、まず、ステップ801で入力信号（R，G，B）の設定を行う。

【0085】ステップ802において、設定された入力信号（R，G，B）に対してプリンタで再現可能な色に対して最適な色補正を行う第1の色補正演算にほどこし、第1のインク濃度信号（Y1，M1，C1）を得る。本実施例における第1の色補正演算は、第1の実施例における第1の色補正演算と同様に、輝度信号における線形マトリクス演算、補色演算、濃度信号における非線形なマスキング演算をほどこすものである。

【0086】ステップ803において、第1の色補正演算結果の第1のインク濃度信号（Y1，M1，C1）のそれぞれが、 $Y0 \leq Y1 \leq Y_{max}$ 、 $M0 \leq M1 \leq M_{max}$ 、 $C0 \leq C1 \leq C_{max}$ であることを調べることににより入力信号（R，G，B）がプリンタで再現可能な色であるか、再現不可能な色であるかの判断を行ない、再現可能な色であると判断した場合には判断結果を表わすflag信号をflag=0、再現不可能な色であると判断した場合にはflag=1と設定する。

【0087】ステップ804では、ステップ803の判断結果に応じて、入力信号（R，G，B）が再現可能な色（flag=0）の場合にはステップ806へ、入力信号（R，G，B）が再現不可能な色（flag=1）の場合にはステップ805へ分岐を行う。

【0088】ステップ805では、プリンタで再現不可能な入力信号（R，G，B）に対して、プリンタで再現可能な色のうち、最適な色再現を行うことのできる第2のインク濃度信号（Y2，M2，C2）を求める第2の色補正演算を行う。本実施例における第2の色補正演算は第1の実施例と同様に入力信号が表わす目標色と色再現の予測値から計算される評価値が最適になるインク濃度信号を求めるものであるが、本実施例では第1の実施例と異なり、 $L^*u^*v^*$ 系均等色空間の距離を代表点の入力信号全てに対する評価関数とした。

【0089】ステップ806において、第1のインク濃度信号（Y1，M1，C1）、もしくは第2のインク濃

10

20

30

40

50

度信号(Y2, M2, C2)のいずれかをflg信号に応じて選択し、第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)としてRAM202に格納する。

【0090】ステップ807では第3のインク濃度信号を決定する処理を代表点の入力信号全てに対してほどこしたかを判断する。代表点の入力信号全てに対する処理が終了していない場合にはステップ801に分岐し、入力信号の各色上位5bitで表わされる値を増加することにより、次に処理すべき入力信号を設定し、ステップ802〜ステップ806の処理をほどこす。そして、代表点の入力信号全てに対する処理が終了した場合にはステップ808へ分岐する。

【0091】ステップ808以降は、注目する入力信号に対する第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)に、入力色空間において注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対する第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)を用いた近傍演算をほどこすための処理である。本実施例では代表点の入力信号に対する第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)に近傍演算をほどこした。

【0092】ステップ808は代表点の入力信号全てに対応する第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)に対して近傍演算をほどこすために入力信号の設定を行う。ステップ809ではステップ808で設定した入力信号に対応する第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)に近傍演算をほどこす。

【0093】ステップ810では近傍演算をほどこしたインク濃度信号を第4のインク濃度信号(Y4, M4, C4)としてRAM202上のLUTに格納する。ステップ811では代表点の入力信号全てに対応する第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)に近傍演算の処理をほどこしたかを判断する。処理を終了していない場合にはステップ808に分岐し、入力信号の各色上位5bitで表わされる値を増加することにより、次に処理すべき入力信号を設定し、同様の処理をほどこす。そして、代表点の入力信号全てに対する第3のインク濃度信号(Y3, M3, C3)に処理が終了した場合にはテーブル作成の処理を終了する。

【0094】そして、記録に際しては図2のI/O手段204より記録を行うべき8bit精度の入力信号(R, G, B)を入力し、CPU201が入力信号(R, G, B)の上位5bitに応じてRAM202上のLUTを参照することにより、入力信号(R, G, B)の上位5bitで表わされる代表点の入力信号に対

する第4のインク濃度信号(Y4, M4, C4)を求め、入力信号(R, G, B)の下位3bitを用いた補間演算を行なうことにより、入力信号(R, G, B)に対するインク濃度信号を決定し、I/O手段204より出力するものである。なお、本実施例における補間演算は、入力色空間において入力信号(R, G, B)が含まれる単位立方体の頂点に位置する8点の代表点の入力信号に対する第4のインク濃度信号(Y4, M4, C4)と、入力信号の下位3ビットにより選択される体積比に相当する重み係数を用いた従来の3次元補間演算を用いた。

【0095】次に、ステップ809の近傍演算に関して説明する。各代表点の入力信号に対する第3のインク濃度信号は、先述したようにプリンタで記録可能な入力信号に対しては第1の色補正演算、プリンタで再現不可能な入力信号に対しては第2の色補正演算のいずれかの結果が選択されたものであるが、第2の色補正演算では各入力信号毎に最適なインク濃度信号を求めていることから、プリンタの色再現範囲の形状によっては、入力信号が連続的に変化するような画像の場合に、急激に再現色が変化し再現画像の階調性の滑らかさを損なう場合があった。そこで、本実施例の近傍演算はレッド(R)、グリーン(G)、ブルー(B)の各輝度信号を直交座標系の軸とした入力色空間における3次元の空間フィルタ演算をほどこすものである。

【0096】図9に入力色空間における3次元の空間フィルタの模式図を示す。図9(a)は入力色空間において存在する代表点の入力信号のうち、近傍演算をほどこすべき注目する入力信号と、近傍演算に用いる代表点の入力信号を3次元的に示したものであり、近傍演算に用いる代表点の入力信号は、注目する代表点の入力信号のR, G, Bの各軸方向に隣接する6個の代表点の入力信号である。注目する代表点の入力信号の上位5ビットで表わされる信号を(R0, G0, B0)とし、近傍演算に用いる6個の代表点の入力信号を(R0-1, G0, B0)、(R0, G0-1, B0)、(R0, G0, B0-1)、(R0+1, G0, B0)、(R0, G0+1, B0)、(R0, G0, B0+1)とすると、たとえば(R0, G0, B0)の各要素の上位5bitが2進数で(11011, 10111, 00110)の場合、近傍演算に用いる6個の代表点の入力信号の各要素の上位5bitを(表1)に示す。

【0097】

【表1】

	R要素	G要素	B要素
(R0, G0, B0)	11011	10111	00110
(R0-1, G0, B0)	11010	10111	00110
(R0, G0-1, B0)	11011	10110	00110
(R0, G0, B0-1)	11011	10111	00101
(R0+1, G0, B0)	11100	10111	00110
(R0, G0+1, B0)	11011	11000	00110
(R0, G0, B0+1)	11011	10111	00111

【0098】また、図9(b)、(c)は空間フィルタ演算における、注目する入力信号に対する第3のインク濃度信号、近傍演算に用いる代表点の入力信号に対する第3のインク輝度信号のそれぞれの係数を2つの図面に分けて示したものである。第3のインク濃度信号のY、M、Cの要素のうち注目する入力信号に対するYの信号をY3(R0, G0, B0)、6個の近傍演算に用いる代表点の入力信号に対するYの信号をY3(R0-1, G0, B0)、Y3(R0, G0-1, B0)、Y3(R0+1, G0, B0)、Y3(R0, G0+1, B0)、Y3(R0, G0, B0+1)、Y3(R0, G0, B0-1)、Y3(R0, G0, B0-1)、Y3(R0, G0, B0+1)、Y3(R0, G0, B0+1) *20

$$Y4(R0, G0, B0) = \{2 \times Y3(R0, G0, B0) + Y3(R0-1, G0, B0) + Y3(R0, G0-1, B0) + Y3(R0, G0, B0-1) + Y3(R0+1, G0, B0) + Y3(R0, G0+1, B0) + Y3(R0, G0, B0+1)\} \times 1/8$$

... (17)

【0100】第3のインク濃度信号のY、M、Cの要素のうちM、Cに対しても同様の演算を行い、第4のインク濃度信号のMとCの要素を求める。次に、本実施例のカラー画像形成方法をほどこした場合の色再現実験の結果を図10を用いて説明する。図10(a)はプリンタの色再現範囲をL* u* v*系均等色空間のu* v*平面に表わしたものであり、図10(b)は(a)の円で囲んだ部分を拡大した図である。図10(b)には色再現実験の目標色と、プリンタの再現色が示されている。白丸は目標色であり、それぞれプリンタで再現不可能な色である。三角は本実施例の近傍演算をほどこす前の第3のインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現、四角はこの第3のインク濃度信号に対して近傍演算をほどこして得られた第4のインク濃度信号を用いた場合のプリンタの色再現である。また、目標色の白丸と第3のインク濃度信号を用いた色再現の三角は波線で結んであり、第4のインク濃度信号を用いた色再現の四角とは実線で結んである。この図に示すように、連続的に変化する目標色に対して、近傍演算をほどこさない第3のインク濃度信号を用いたのでは不連続に色再現が変化する場面があるのに対して、近傍演算をほどこした第4のインク濃度信号を用いた場合には不連続な色再現が緩和された。

【0101】以上、本発明のカラー画像形成方法の第2

* (R0, G0, B0-1)、Y3(R0+1, G0, B0)、Y3(R0, G0+1, B0)、Y3(R0, G0, B0+1)と表わすと、本実施例では図9(b)、(c)に示すように、注目する入力信号に対する第4のYの信号Y4(R0, G0, B0)を(17)式の計算により決定するものである。

【0099】

【数17】

の実施例に関して、入力信号に対するインク濃度信号を決定する処理、実験結果を説明した。本実施例のカラー画像形成方法によると、プリンタで再現不可能な入力信号に対して入力信号毎に最適なインク濃度信号を求め、さらに入力色空間で3次元の近傍演算をほどこすことにより、連続的に変化する目標色に対して急激な色再現の変化を抑え、不連続な色再現を緩和することが可能となる。

【0102】なお、本実施例では近傍演算として、6個の代表点の入力信号の第3のインク濃度信号を用いて(17)式による計算を行ったが、本発明は近傍演算に用いる第3のインク濃度信号の個数や、空間フィルタ演算の係数が本実施例のものに限定されるものではない。

【0103】また、本実施例では入力信号の上位5bitで表わされる代表点の入力信号に対する第3のインク濃度信号に近傍演算をほどこしたが、代表点を表わすbit精度は限定されるものではない。たとえば、空間フィルタ演算の係数を選ぶことにより、8bit精度で表わされる入力信号全てに対する第3のインク濃度信号に近傍演算をほどこしても同様の効果が得られる。

【0104】次に、本発明のカラー画像形成方法の第3の実施例に関して説明する。本発明の第3の実施例は第1の実施例と同様の実験装置を用いて行い、第2の実施例と同様に、各々8bit精度の入力信号の各色上位5

bitで与えられる $32 \times 32 \times 32$ 個の離散的な代表点に対応するインク濃度信号(C, M, Y)をあらかじめLUT(ルック・アップ・テーブル)として図2のRAM202上に格納し、記録に際して、代表点の中間に位置する入力信号に対する出力を3次元線形補間方式である8点補間方式により決定するものである。

【0105】本実施例のカラー画像形成方法は、代表点の入力信号に対するインク濃度信号を決定し、注目する入力信号に対するインク濃度信号を入力色空間において、注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対するインク濃度信号を用いた近傍演算をほどこすことにより記録に用いるインク濃度信号を決定するものである。

【0106】第3の実施例において、代表点の入力信号に対する第4のインク濃度信号のテーブルを作成する全体の処理の流れは、第2の実施例で説明した図8のフローチャートと同様である。すなわち、代表点の入力信号全てに対して、第1の色補正演算もしくは第2の色補正演算のいずれかの結果を、入力信号がプリンタで再現可能な色であるか、不可能な色であるかの判断結果に応じて選択し、第3のインク濃度信号としてメモリに格納し、さらに近傍演算をほどこし、第4のインク濃度信号としてRAM202上にLUTとして格納する。

【0107】ただし、第2の実施例における第2の色補正演算では、最適性を評価する評価関数を全ての代表点の入力信号に対して、 $L^*u^*v^*$ 系均等色空間の距離としたが、本実施例における第2の色補正演算では、評価関数を第1の実施例と同様に(16)式の評価関数を用い、入力信号に応じて各重み係数を変化させてインク濃度信号を決定した。

【0108】本実施例のカラー画像形成方法を用いてプリンタで画像を形成した場合、第2の色補正演算において、入力信号に応じて評価関数を変化させていることによりプリンタで再現不可能な入力信号に対しても、目標色と比較して人間が最も好ましいと感じる色再現を行うことが可能となった。また、注目する入力信号に対するインク濃度信号に対して、注目する入力信号の周辺に位置する入力信号に対するインク濃度信号を用いた近傍演算をほどこすことにより、入力信号がプリンタの再現不可能な色で連続的に変化するような画像の場合にも急激な階調変化を生じることなく、滑らかな階調再現を実現することが可能であった。

【0109】以上、本発明のカラー画像形成方法に関する実施例を説明した。ここでは、これらの実施例では入力信号をCRTを駆動する輝度信号とし、第1の色補正演算を輝度信号における線形マトリクス演算と、濃度信号における非線形なマスキング演算を組み合わせた演算としたが、本発明のカラー画像形成方法の第1の色補正演算は上記の演算に限定されるものではない。たとえば、従来の線形マスキングのように逆関数の存在する関数で表現された色補正演算であれば、第2の色補正演算

における設定したインク濃度信号に対する色再現予測を第1の色補正演算の逆演算を用いて行うことが可能である。

【0110】あるいは、色再現予測に第1の色補正演算の逆演算を用いなくと、たとえば第1の色補正演算としては従来の非線形高次マスキングを用いるとともに、入力信号からインク濃度信号への変換を従来の線形マスキングで表現し、この線形マスキングの逆関数を用いて設定したインク濃度信号に対する色再現予測を行なうことも可能である。この場合には、プリンタで再現可能な入力信号に対しては非線形高次マスキングの高精度での色補正が可能であり、プリンタで再現不可能な入力信号に対しては線形マスキングの精度に応じた色再現予測において最適な色再現を行なうことが可能となる。

【0111】また、本実施例では昇華型熱転写記録方式のカラープリンタを用いたが、本発明のカラー画像形成方法、カラー画像形成装置はプリンタの記録方式に限定されるものではないことは明かである。

【0112】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、プリンタで再現可能な入力信号に対しては第1の色補正演算による第1のインク濃度信号を、プリンタで再現不可能な入力信号に対しては第2の色補正演算による第2のインク濃度信号を記録に用いるインク濃度とし、かつ第2の色補正演算において色再現の最適性を判断する評価関数を入力信号に応じて変化させることにより、全ての入力信号に対してプリンタで再現可能な色のうち人間が最も好ましいと感じる色を用いた色再現が可能となり、画質の劣化を大きく改善することが可能となるものである。

【0113】また、プリンタで再現不可能な入力信号に対する評価関数として、入力信号が表わす色とプリンタの色再現予測との明度、彩度、色相に関する差を用いた情報に、それぞれの重み係数を掛けた情報を用い、かつ、入力信号に応じて各重み係数を連続的に変化させて最適性を判断することにより、色の3属性である明度、色相、彩度のいずれを重視するかを、色再現に反映させることが可能であるとともに、入力信号の変化に対して評価関数を滑らかに変化させることが可能となる。

【0114】また、プリンタで再現可能な入力信号に対しては第1の色補正演算による第1のインク濃度信号を、またプリンタで再現不可能な入力信号に対しては第2の色補正演算による第2のインク濃度信号をそれぞれ第3のインク濃度信号として選択し、かつ第3のインク濃度信号に対して、入力色空間における3次元の近傍演算をほどこすことにより得られる第4のインク濃度信号を記録に用いることにより、入力信号がプリンタで再現不可能な色で連続的に変化するような画像を記録する場合にも、急激な色再現の変化を抑え、不連続な色再現を緩和することが可能となる。

【0115】また、第2の色補正演算において入力信号

に応じて評価関数を変化させるとともに、第3のインク濃度信号に対して近傍演算をほどこした第4のインク濃度信号を記録に用いることにより、全ての入力信号に対して人間が最も好ましいと感じる色再現と、入力信号がプリンタの再現不可能な色で連続的に変化するような画像に対する滑らかな階調再現を両立することが可能であり、大幅に再現画像の画質を改善することが可能となるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例のカラー画像形成方法の処理の全体の流れを示すフローチャート

【図2】本発明の実施例で用いた実験装置のブロック構成図

【図3】同実施例において、入力信号が再現可能な色か再現不可能な色かを判断する詳細なフローチャート

【図4】インク濃度空間においてプリンタで再現可能な領域を表した図

【図5】同実施例において、再現不可能な色に対する第2の色補正演算の詳細なフローチャート

【図6】同実施例において、第2の色補正演算における入力信号に応じた評価関数を示した図

【図7】同実施例において、色再現実験結果を均等色空*

*間で示した図

【図8】本発明の第2の実施例のカラー画像形成方法の、入力信号に対するインク濃度信号のテーブルを作成する処理を示したフローチャート

【図9】同実施例において、近傍演算を説明する模式図

【図10】同実施例において、色再現実験結果を均等色空間で示した図

【図11】昇華型熱転写記録方式のプリンタで用いられるインクの分光吸収特性の例を示した図

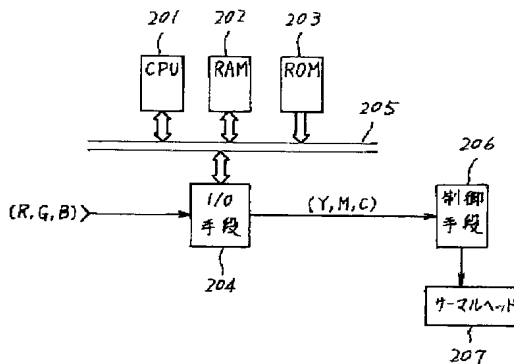
【図12】CRTとプリンタの色再現範囲の例を示した図

【図13】入力信号がプリンタで再現不可能な色の場合の従来のカラー画像形成方法による色再現を示した図

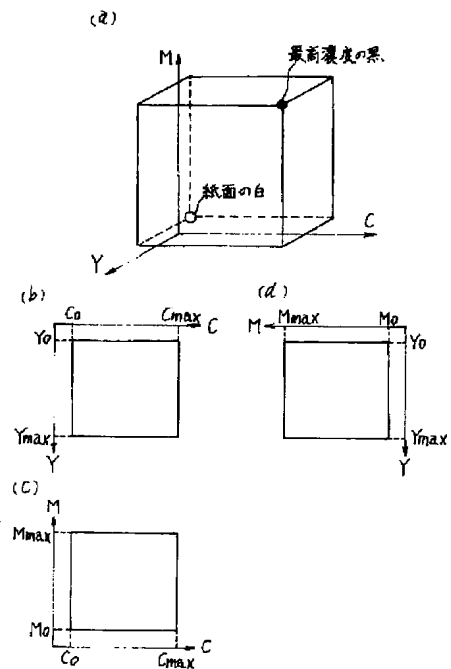
【符号の説明】

201	CPU
202	RAM
203	ROM
204	I/O手段
205	バス
206	制御手段
207	サーマルヘッド

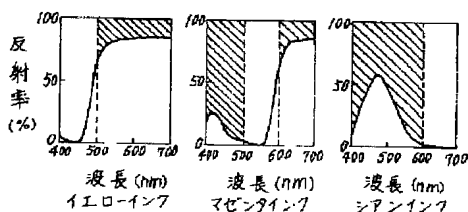
【図2】



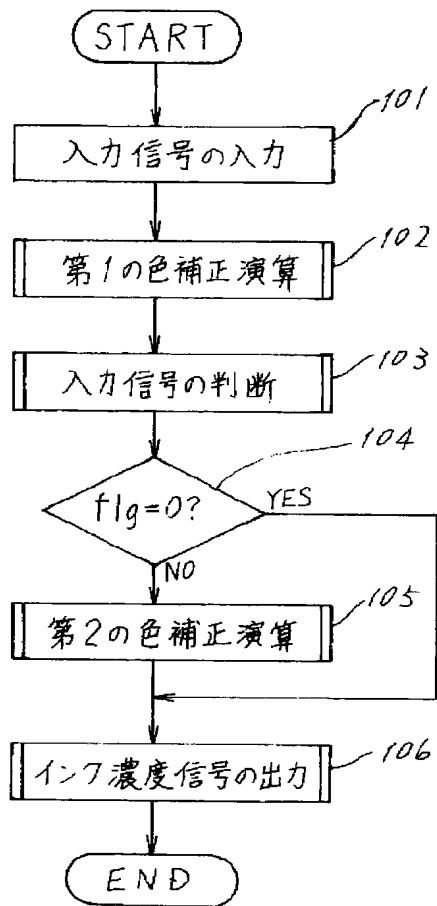
【図4】



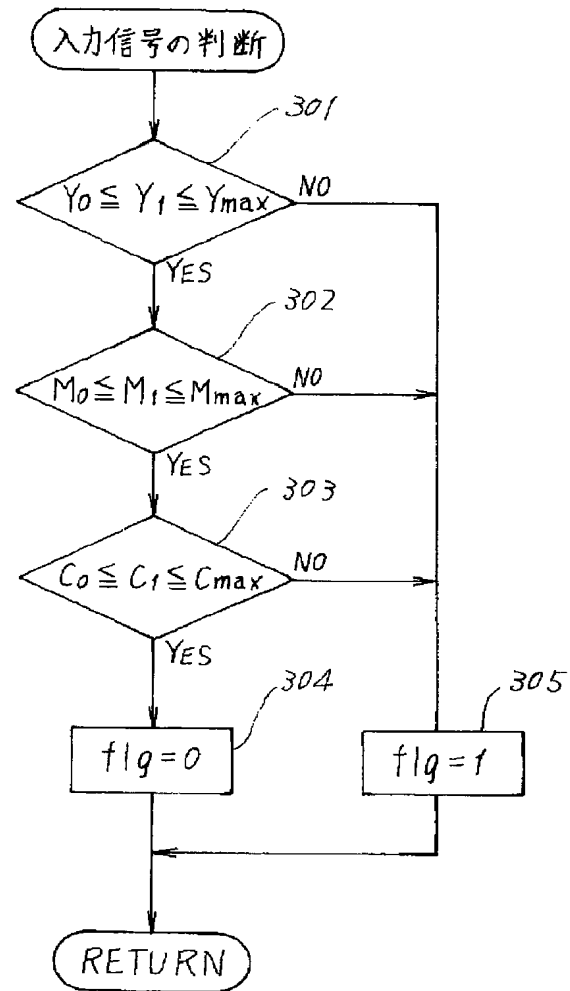
【図11】



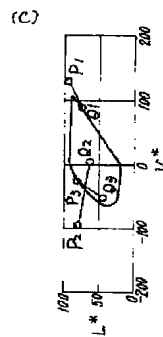
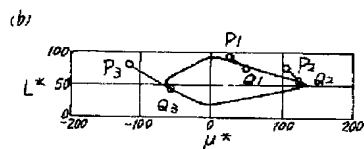
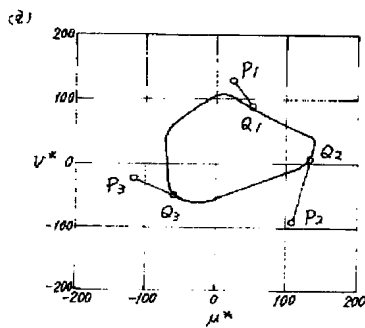
【図1】



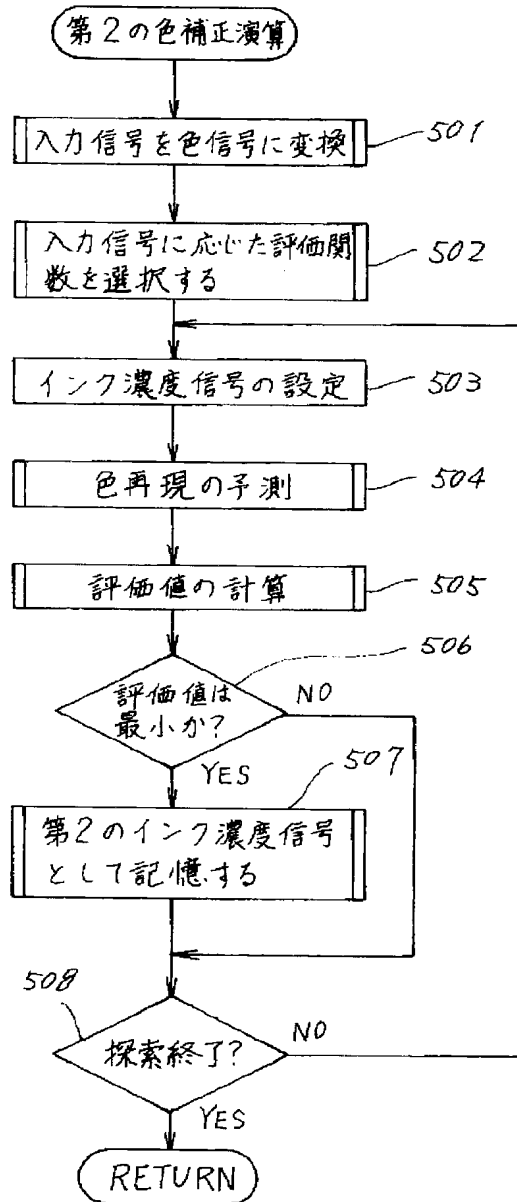
【図3】



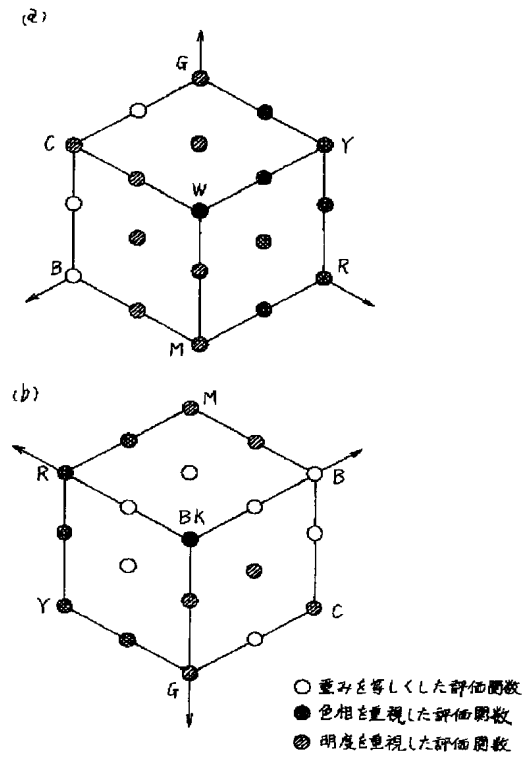
【図13】



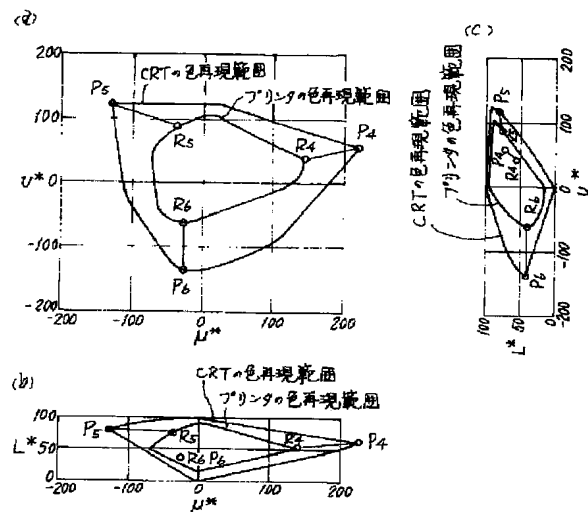
【図5】



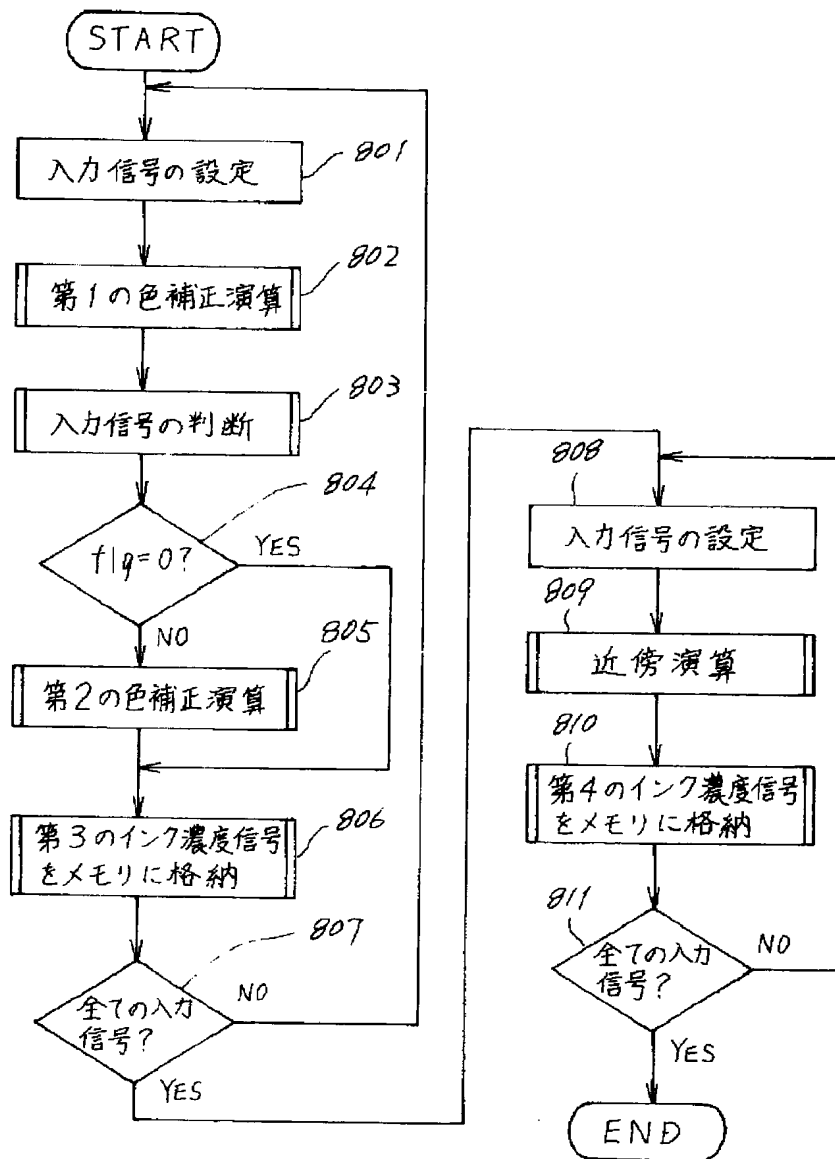
【図6】



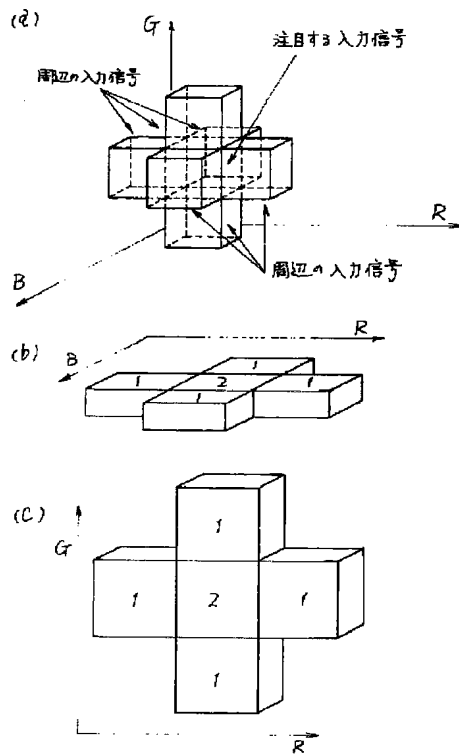
【図7】



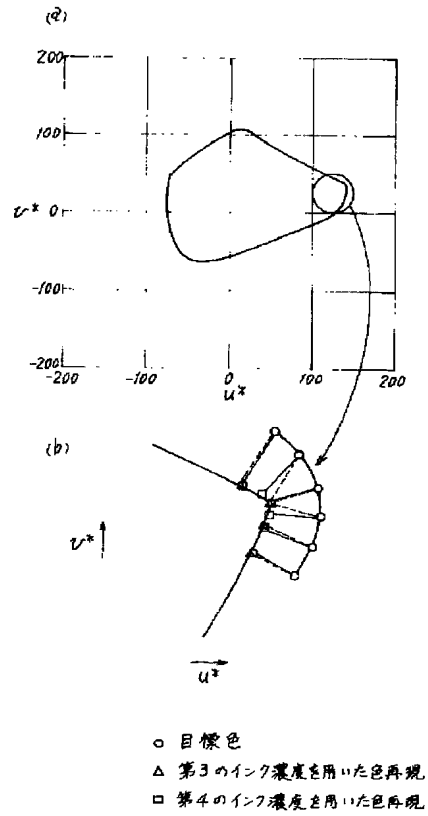
【図8】



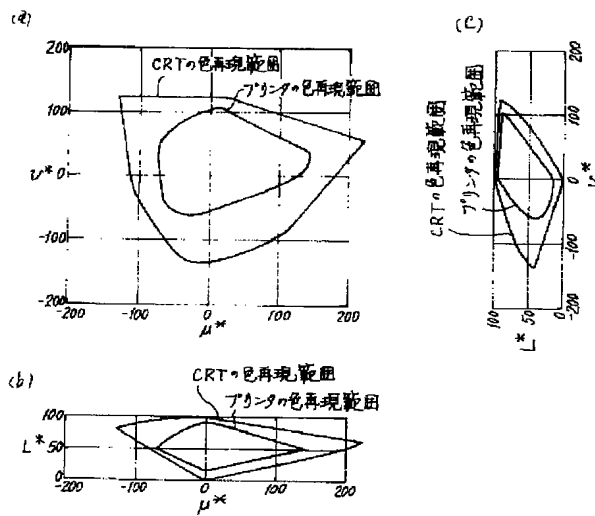
【図9】



【図10】



【図12】



【手続補正書】

【提出日】平成6年1月12日

【手続補正1】

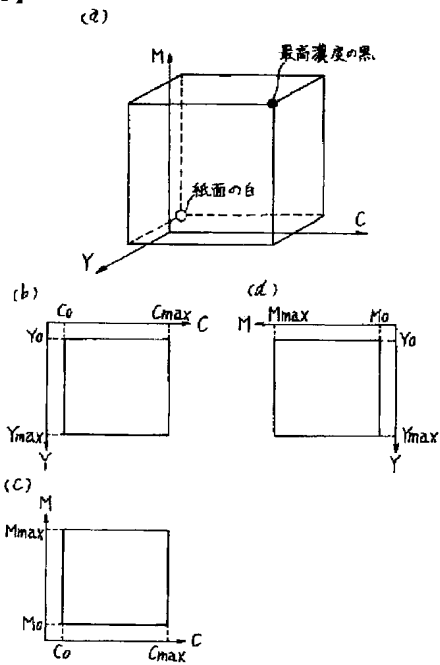
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図4

【補正方法】変更

【補正内容】

【図4】



【手続補正2】

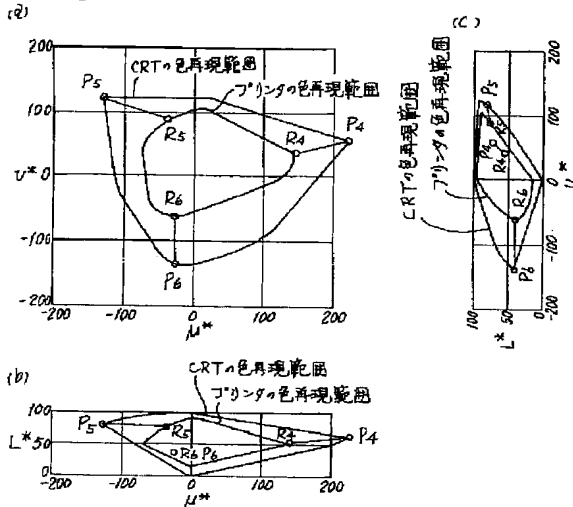
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

【補正方法】変更

【補正内容】

【図7】



【手続補正3】

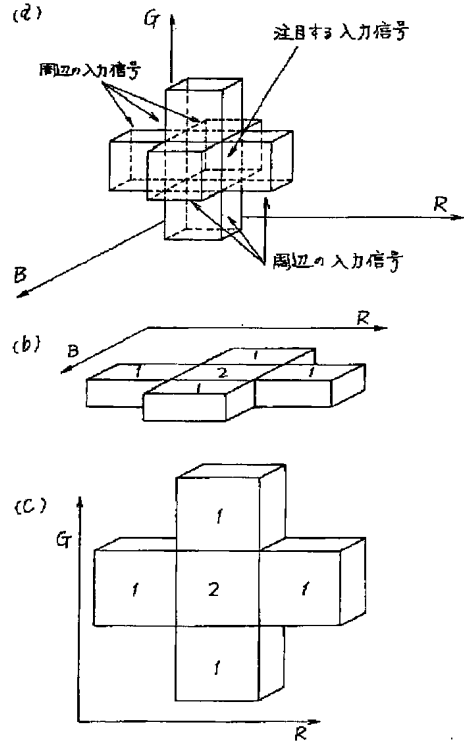
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図9

【補正方法】変更

【補正内容】

【図9】



【手続補正4】

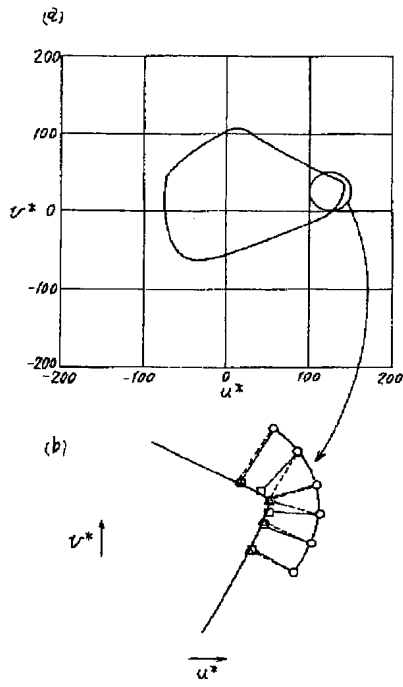
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図10

【補正方法】変更

【補正内容】

【図10】



- 目標色
- △ 第3のインク濃度を用いた色再現
- 第4のインク濃度を用いた色再現

* 【手続補正5】

【補正対象書類名】図面

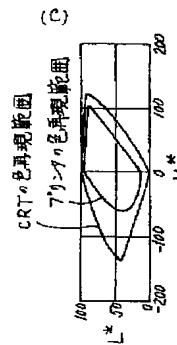
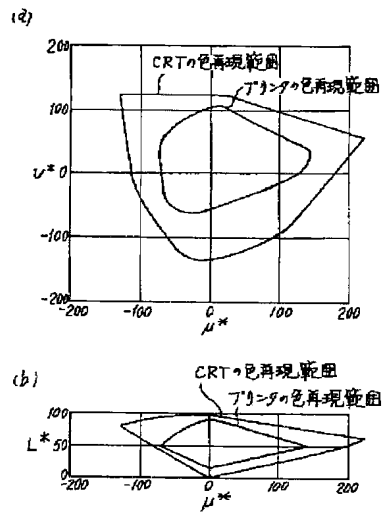
【補正対象項目名】図12

【補正方法】変更

【補正内容】

【図12】

*



【手続補正6】

【補正対象書類名】図面

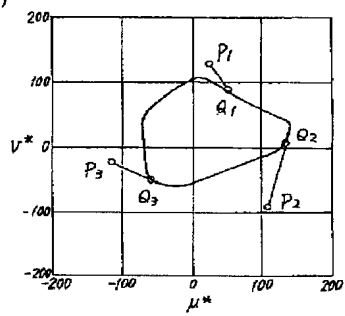
【補正対象項目名】図13

【補正方法】変更

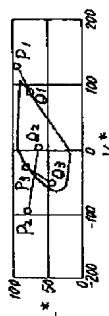
【補正内容】

【図13】

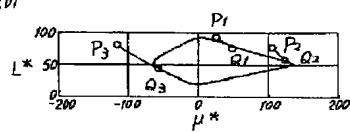
(c)



(c)



(b)



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-189121

(43)Date of publication of application : 08.07.1994

(51)Int.Cl.

H04N 1/40

H04N 1/46

H04N 9/64

H04N 9/79

(21)Application number : 04-313849

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 25.11.1992

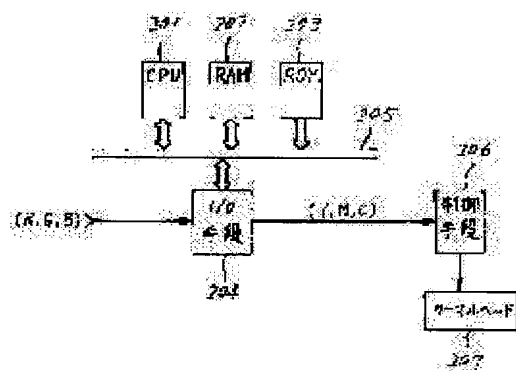
(72)Inventor : ISHIHARA SHUJI
YAMASHITA HARUO
MATSUMOTO YASUKI

(54) COLOR IMAGE FORMING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To attain desired color reproduction by setting a second ink density signal on an input signal unreproducible by a printer as ink density, and also, changing an evaluation function which judges the optimization of color reproduction corresponding to the second signal.

CONSTITUTION: First color correction is applied to a reproducible color out of the input signals R, G, and B to be recorded by an I/O means 24, and a first ink density signal can be obtained. It is judged whether or not the signals R, G, and B can be regenerated by the printer with the signal. Thus, a color correction arithmetic operation for finding the second ink density signal by which the optimum color reproduction can be performed out of the reproducible colors is performed on unreproducible signals R, G, and B. The first and second ink density signals are outputted from the means 204 as the ink density signals Y, M, and C used in recording. Accordingly, a control means 206 controls the heating value of a thermal head 207 in the plane sequence of yellow, magenta, and cyan, and forms a color image on reception image paper by recording gradation.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 30.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3192782

[Date of registration]

25.05.2001

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st color correction operation process which performs optimal color correction to a color reproducible by the printer, and changes an input signal into the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1), The decision process which judges whether it is the color which said input signal can reproduce by the printer, or it is an unreproducible color, As opposed to the input signal judged that reappearance is impossible by the printer at said decision process The color reproduction of the printer at the time of using a recordable ink concentration signal is predicted. By calculating an evaluation value from both input signal and said color reproduction prediction using a different performance index according to an input signal, and searching for the ink concentration signal with which an evaluation value serves as best It has the 2nd color correction operation process changed into the 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) which reproduces the optimal color among colors reproducible by the printer. In being the color which can reproduce an input signal, according to the result of said decision process said 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) The color picture formation approach characterized by controlling ink concentration, using respectively said 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) in being the color which cannot reproduce an input signal, and forming a color picture.

[Claim 2] The color picture formation approach of the application for patent characterized by the performance index in the 2nd color correction operation being what changes said weighting factor to the information using the difference about the lightness of the color and the color reproduction prediction of a printer which an input signal expresses, saturation, and a hue according to an input signal using the information which applied each weighting factor given in the 1st term of the range.

[Claim 3] The 1st color correction operation process which performs optimal color correction to a color reproducible by the printer, and changes an input signal into the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1), The decision process which judges whether it is the color which said input signal can reproduce by the printer, or it is an unreproducible color, As opposed to the input signal which said decision process judged that reappearance is impossible by the printer It has the 2nd color correction operation process changed into the 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) which reproduces the optimal color among colors reproducible by the printer. In being the color which can reproduce said input signal, according to the result of said decision process said 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) In being the color which cannot reproduce said input signal, said 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) The 3rd ink concentration signal (Y3, M3, C3) is determined by choosing, respectively. To the 3rd [to the input signal to observe / said] ink concentration signal (Y3, M3, C3) The 4th ink concentration signal (Y4, M4, C4) is searched for by performing the near operation using the 3rd [to the input signal located around said input signal to observe in the color space which consists of an input signal / said] ink concentration signal (Y3, M3, C3). The color picture formation approach characterized by controlling ink concentration using said 4th ink concentration signal (Y4, M4, C4), and forming a color picture.

[Claim 4] The 2nd color correction operation predicts the color reproduction of the printer at the time of using a recordable ink concentration signal. By calculating an evaluation value from both input signal and said color reproduction prediction using a different performance index according

to an input signal, and searching for the ink concentration signal with which an evaluation value serves as best The color picture formation approach of the application for patent characterized by being what changed into the 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) which reproduces the optimal color among colors reproducible by the printer given in the 3rd term of the range.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the color picture formation approaches which print out a color picture, such as a color printer and a color copying machine.

[0002]

[Description of the Prior Art] The color reproduction in the color picture formation equipment of the hard copy fields, such as a color printer and a color copying machine, is the color reproduction by the cyanogen (C) which is the complementary color of (R, G, B) in three primary colors of the colored light used by the additive-mixture-of-colors principle, the Magenta (M), and the subtractive-color-mixture principle which adjusts the reflection factor of colored light in the ink of three colors of yellow (Y).

[0003] The example of the spectral extinction property of the ink used for drawing 11 by the printer of a sublimation mold thermal imprint recording method is shown. From that main wavelength has separated from the spectral extinction property of actual ink from the ideal, and an unnecessary absorption component existing, since broadcloth [an absorption property], by the color reproduction using actual ink, hues differ and, as for the color to wish, a color with low saturation is reproduced so that it may understand also in the example of this ink. For this reason, the color correction reproducing the color of hope is needed.

[0004] Conventionally, in the field of hard copy, the technique called masking is used as this color correction. As (1) type showed being best used among masking, it is called linearity masking which determines an ink concentration signal (Y, M, C) by the matrix operation of the linearity to the three-primary-colors concentration signal (DR, DG, and DB) which is the complementary color of a three-primary-colors luminance signal (R, G, B).

[0005]

[Equation 1]

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_R \\ D_G \\ D_B \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

[0006] Although premised on that the additivity rule (Lambert-Beer rule) of concentration is realized in the color reproduction using actual ink, and color reproduction can express linearity masking by the linearity operation over the color space whole region, at the color reproduction using actual ink, various nonlinear factors, such as internal reflection of the re-sublimation phenomenon of ink and ink, exist, and it is known for the case of the printer of a sublimation mold thermal imprint recording method, for example that an additive rule and a proportionality rule will not be materialized strictly.

[0007] Then, nonlinear high order masking which determines an ink concentration signal (Y, M, C) by the high order polynomial to a three-primary-colors concentration signal (DR, DG, DB) is proposed. The secondary easiest masking equation in it is shown in (2) equations.

[0008]

[Equation 2]

$$\begin{aligned}
 C &= a_0 \cdot D_R + a_1 \cdot D_G + a_2 \cdot D_B + a_3 \cdot D_R^2 + a_4 \cdot D_G^2 + a_5 \cdot D_B^2 \\
 &\quad + a_6 \cdot D_R \cdot D_G + a_7 \cdot D_G \cdot D_B + a_8 \cdot D_B \cdot D_R \\
 M &= a_9 \cdot D_R + a_{10} \cdot D_G + a_{11} \cdot D_B + a_{12} \cdot D_R^2 + a_{13} \cdot D_G^2 + a_{14} \cdot D_B^2 \\
 &\quad + a_{15} \cdot D_R \cdot D_G + a_{16} \cdot D_G \cdot D_B + a_{17} \cdot D_B \cdot D_R \\
 Y &= a_{18} \cdot D_R + a_{19} \cdot D_G + a_{20} \cdot D_B + a_{21} \cdot D_R^2 + a_{22} \cdot D_G^2 + a_{23} \cdot D_B^2 \\
 &\quad + a_{24} \cdot D_R \cdot D_G + a_{25} \cdot D_G \cdot D_B + a_{26} \cdot D_B \cdot D_R \quad \dots (2)
 \end{aligned}$$

[0009] This performs color correction by the secondary formula including the nonlinear factor which exists in the color reproduction using actual ink, and the correction factors a_0 – a_{26} of 27 pieces use what was determined by the least square method about a concentration difference (for example, "the image processing for color reproduction", a photograph industrial separate volume "imaging Part1").

[0010] Furthermore, there is a problem of the color reproduction range in the color reproduction in hard copy. The density range which can record a printer is below maximum output concentration peculiar to equipment, and is more than the space concentration of the television paper used for record. The reproducible color reproduction range is restricted by the spectral extinction property of actual ink that the density range in which this record is possible, and an unnecessary absorption component exist, and, generally the color reproduction range of a printer is narrow compared with CRT.

[0011] The example of the color reproduction range is shown in drawing 12. Drawing 12 is $L^* u^* v^*$ advised by Commission Internationale de l'Eclairage CIE. Orthogonal views show the color reproduction range of CRT, and the color reproduction range of a printer to system uniform color space. Drawing 12 (a) is $u^* v^*$. To a flat surface, drawing 12 (b) is $L^* u^*$. To a flat surface, drawing 12 (c) is $L^* v^*$. It is drawing which projected each color reproduction range on the flat surface. In addition, the color reproduction range of a printer is a thing using the ink which has the spectral extinction property shown in drawing 11, and the color reproduction range of CRT is the thing of CRT of NTSC system.

[0012] Thus, the signal which requires the color which crossed the color reproduction range of a printer as an input signal which should be recorded may be inputted from the color reproduction range of a printer being narrow compared with the color reproduction range of CRT. In that case, concentration higher than maximum density will exist low, the concentration signal unrecordable on a signal by the printer, i.e., the space concentration, of at least 1 color, among the ink concentration signals (Y, M, C) of the result of an operation of linearity masking which was mentioned above, or nonlinear high order masking.

[0013] In the Prior art, when the ink concentration signal which exceeds maximum density to space concentration when an ink concentration signal lower than space concentration is required was required from the ink concentration signal in which this reappearance is impossible, it was recording on maximum density by giving a limiter, respectively.

[0014]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the color which an ink concentration signal and human being perceive is nonlinear relation, what has the limiter optimal in color reproduction to an ink concentration signal will not become.

[0015] The example of the color reproduction at the time of giving a limiter to drawing 13 to the ink concentration signal of the masking result of an operation is shown. In drawing 13, P_i ($i=1-3$) is a target color which an input signal expresses, and is an input signal unreproducible by the printer. And Q_i ($i=1-3$) expresses the color reproduced when the limiter of space concentration and maximum density is given to an unrecordable ink concentration signal among the ink concentration signals of the masking result of an operation.

[0016] Like this example, by the Prior art, although the color sensed that human being is more desirable into a color reproducible by the printer existed when the target color corresponding to an input signal crossed the color reproduction range of a printer, there was a problem that degradation of image quality may be impressed, by reproducing a greatly different color.

[0017] While this invention performs faithful color reproduction to an input signal reproducible by the printer in view of this point The color picture formation approach that color reproduction which human being senses the most desirable among reproducible colors to an input signal unreproducible by the printer can be performed, And also when recording an image which changes continuously in the color which an input signal cannot reproduce by the printer, a rapid change of color reproduction is suppressed and it aims at offering the color picture formation approach which can ease discontinuous color reproduction.

[0018]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem the color picture formation approach of this invention The 1st color correction operation process which performs optimal color correction to a color reproducible by the printer, and changes an input signal into the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1), The decision process which judges whether it is the color which said input signal can reproduce by the printer, or it is an unreproducible color, As opposed to the input signal judged that reappearance is impossible by the printer at said decision process The color reproduction of the printer at the time of using a recordable ink concentration signal is predicted. By calculating an evaluation value from both input signal and color reproduction prediction using a different performance index according to an input signal, and searching for the ink concentration signal with which an evaluation value serves as best It has the 2nd color correction operation process changed into the 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) which reproduces the optimal color among colors reproducible by the printer to an input signal unreproducible by the printer. In being the color which can reproduce said input signal, according to the result of said decision process said 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) In being the color which cannot reproduce said input signal, it controls ink concentration, using respectively said 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2), and a color picture is formed.

[0019] Moreover, the color picture formation approach of this invention changes said weighting factor to the information using the difference about the lightness of the color and the color reproduction prediction of a printer which an input signal expresses [the performance index in the 2nd color correction operation], saturation, and a hue according to an input signal using the information which applied each weighting factor.

[0020] Furthermore, the 1st color correction operation process that the color picture formation approach of this invention performs optimal color correction to a color reproducible by the printer, and changes an input signal into the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1), The decision process which judges whether it is the color which said input signal can reproduce by the printer, or it is an unreproducible color, As opposed to the input signal which said decision process judged that reappearance is impossible by the printer It has the 2nd color correction operation process changed into the 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) which reproduces the optimal color among colors reproducible by the printer. In being the color which can reproduce said input signal, according to the result of said decision process said 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) In being the color which cannot reproduce said input signal, said 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) The 3rd ink concentration signal (Y3, M3, C3) is determined by choosing, respectively. To the 3rd [to the input signal to observe / said] ink concentration signal (Y3, M3, C3) The 4th ink concentration signal (Y4, M4, C4) is searched for by performing the near operation using the 3rd [to the input signal located around said input signal to observe in the color space which consists of an input signal / said] ink concentration signal (Y3, M3, C3). Ink concentration is controlled using said 4th ink concentration signal (Y4, M4, C4), and a color picture is formed.

[0021]

[Function] Although the 2nd color correction operation which searches for the optimal ink concentration signal in a color reproducible by the printer is performed to an input signal unreproducible by the printer by the above-mentioned configuration In this case, it is a thing using what is different according to an input signal in the performance index which judges optimality in the 2nd color correction operation. By using the performance index which determines the ink concentration signal which performs color reproduction which human being senses the most desirable according to an input signal, the color reproduction to which is

received and human being senses that all input signals are the most desirable becomes possible. [0022] Moreover, the lightness of the color and the reappearance color of a printer which an input signal expresses as a performance index, By moreover changing this weighting factor to the information using the difference about saturation and a hue according to an input signal using the information which applied each weighting factor It becomes possible to change continuously extent which thinks which element as important among the lightness which is the three attributes of a color, saturation, and a hue, or is thought as important according to an input signal.

[0023] The abrupt change of the ink concentration signal accompanying change of an input signal eases, and it becomes possible to maintain the smoothness of the gradation nature of a reappearance image by performing the near operation using the 3rd [to the input signal located around the input signal which furthermore observes the 1st color-correction operation process and the 2nd color-correction operation process in the input color space which becomes the 3rd ink concentration signal pass from an input signal] ink concentration signal.

[0024]

[Example] The example which determined hereafter the ink concentration signal (Y, M, C) over the three-primary-colors luminance signal (R, G, B) which drives CRT with software using the full color printer of the 1st example about color picture formation approach of this invention sublimation-mold hot printing method using the ink of three colors of yellow, a Magenta, and cyanogen is explained.

[0025] The block block diagram of the experimental device used for the 1st example is shown in drawing 2 . CPU to which 201 performs the color picture formation approach of this example in drawing 2 , In case, as for 202, CPU201 performs a program, while ROM which stores RAM used as a work-piece field, the program whose CPU201 performs 203, and 204 input the input signal (R, G, B) which should be recorded An I/O means to output an ink concentration signal (C, M, Y), the bus, by which 205 connects CPU201, RAM202, ROM203, and the I/O means 204 mutually, 206 embraces the ink concentration signal (Y, M, C) outputted from the I/O means 204. It is the thermal head which the control means which controls impression energy, and 207 impress heat to the ink sheet which is not illustrated according to the impression energy controlled by the control means 206, and forms a color picture in the television paper which is not illustrated.

[0026] Thus, in the constituted experimental device, the color picture formation approach is performed by software in the 1st example. The flow of still more detailed processing is shown for the flow of the whole processing performed by CPU201 at this time in drawing 1 at drawing 3 and drawing 5 .

[0027] First, the whole procedure is shown using drawing 1 . In step 101, the input signal (R, G, B) which should be recorded is inputted through the I/O means 204. In step 102, the 1st color correction operation which performs optimal color correction to a color reproducible by the printer is performed, and the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) is acquired.

[0028] In step 103, using the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1), it judges whether it is an unreproducible color although an input signal (R, G, B) is a color reproducible by the printer, and when the flg signal with which a decision result is expressed when it is judged that it is a reproducible color is judged to be the color in which flg=0 and reappearance are impossible, it sets up with flg=1.

[0029] At step 104, according to the decision result of step 103, in being the color (flg=0) which can reproduce an input signal (R, G, B), in being the color (flg=1) which cannot reproduce an input signal (R, G, B), it performs branching to step 105 to step 106.

[0030] At step 105, the 2nd color correction operation which searches for the 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) which can perform optimal color reproduction among colors reproducible by the printer is performed to an input signal (R, G, B) unreproducible by the printer.

[0031] In step 106, it outputs from the I/O means 204 as an ink concentration signal (Y, M, C) which uses the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) or the 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) for record according to a flg signal.

[0032] And in drawing 2 , when a control means 206 controls the heating value of a thermal head 207 by Junji Men in order of yellow, a Magenta, and cyanogen according to the ink concentration

signal (Y, M, C) outputted from the I/O means 204, gradation record is performed on the television paper which is not illustrated, and a color picture is formed.

[0033] Then, the 1st color correction operation performed at step 102 is explained. In this example, the operation which combined the linearity matrix operation in a luminance signal and the nonlinear masking operation in a concentration signal was used as 1st color correction operation.

[0034] The following detailed processing is explained. First, the brightness matrix operation of (3) types is performed and it changes into the 2nd luminance signal (R', G', B') in order to amend a gap of the main wavelength of the spectral characteristic of the fluorescent substance of CRT which is the target of the color reproduction of a printer, and the main wavelength of the spectral extinction property of the ink used in a printer to an input signal (R, G, B).

[0035]

[Equation 3]

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

[0036] Next, each of the 2nd luminance signal (R', G', B') is changed into the three-primary-colors concentration signal (DR, DG, and DB) based on a subtractive-color-mixture principle by complementary color conversion of (4) types.

[0037]

[Equation 4]

$$\begin{aligned} D_R &= 1 \log (1/R') \\ D_G &= 1 \log (1/G') \\ D_B &= 1 \log (1/B') \end{aligned} \quad \dots (4)$$

[0038] And a nonlinear masking operation is performed in order to amend the color muddiness by the unnecessary absorption component of ink. First, conversion to the signal which is equivalent to the amount of color material of ink in a concentration signal is performed. If the constant which specifically expresses the nonlinear degree of the relation of the amount of color material and concentration of ink is set to a ($a > 1$), nonlinear conversion of each of the three-primary-colors concentration signal (DR, DG, and DB) acquired by complementary color conversion by 1st nonlinear conversion shown in (5) types will be carried out at the signal (C', M', Y') equivalent to the amount of color material of ink.

[0039]

[Equation 5]

$$\begin{aligned} C' &= D_R^a \\ M' &= D_G^a \\ Y' &= D_B^a \end{aligned} \quad \dots (5)$$

[0040] next, the output of the 1st nonlinear conversion — it is (C', M', Y') — it changes into the 2nd nonlinear signal (C'', M'', Y'') by the matrix operation of the linearity of (6) types.

[0041]

[Equation 6]

$$\begin{bmatrix} C'' \\ M'' \\ Y'' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C' \\ M' \\ Y' \end{bmatrix} \quad \dots (6)$$

[0042] Furthermore, it is the inverse function of the 1st nonlinear conversion, and each obtained

by 2nd nonlinear conversion shown by (7) formulas (C'' , M'' , Y'') is changed into the 1st ink concentration signal (Y_1 , M_1 , C_1).

[0043]

[Equation 7]

$$C_1 = C''^{1/a}$$

$$M_1 = M''^{1/a}$$

$$Y_1 = Y''^{1/a} \quad \dots (7)$$

[0044] So that the color correction to an input signal reproducible by the printer may act the optimal in this example In order to make into min the average of the error of the color reproduction of CRT to the color chart of 100 color extent located in a color reproduction region reproducible by the printer almost equally, and a printer (3) The convergence operation determined the correction factor a in $\{b_{kl}\}$ in the brightness matrix operation of a formula, $\{a_{kl}\}$ ($k=1-3$, $l=1-3$) in the linearity matrix operation of (6) types and (5) types, and (7) types. By this example, each used correction factor is shown in (8) types.

[0045]

[Equation 8]

$$\begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} 0.896 & 0.096 & 0.008 \\ 0.002 & 0.835 & 0.163 \\ 0.068 & -0.035 & 0.967 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1.443 & -0.105 & 0.037 \\ -0.360 & 1.694 & -0.032 \\ 0.002 & -0.679 & 1.978 \end{bmatrix}$$

$$a = 1.572 \quad \dots (8)$$

[0046] In addition, the 1st color correction operation used by this example is $L^* u^* v^*$ to a color reproducible by the printer. Highly precise amendment called $E_{uv}=4.3$ in the average color difference E_{uv} in system uniform color space was possible.

[0047] Then, detailed explanation of processing of step 103 in which it judges whether it is the color which an input signal (R, G, B) can reproduce by the printer, or it is an unreproducible color is given. The field which can reproduce the printer in the color space (it is henceforth called ink concentration space) which expressed the yellow (Y) and Magenta (M) which are used for drawing 4 by the printer, and the concentration signal of each ink of cyanogen (C) as a shaft of a rectangular seat table system is shown. Drawing where drawing 4 (a) looked at the perspective

view of ink concentration space, and drawing 4 (b) looked at YC flat surface from M shaft upper part, drawing where drawing 4 (c) looked at MC flat surface from the Y-axis upper part, and drawing 4 (d) are drawings which looked at YM flat surface from C shaft upper part.

[0048] As shown in drawing 4, in ink concentration space, the field which can reproduce a printer is expressed by recordable concentration using each ink. That is, if recordable maximum density is expressed with (Ymax, Mmax, Cmax) for yellow, a Magenta, cyanogen, and the space concentration of each color, respectively (Y0, M0, C0), the field [in ink concentration space] which can reproduce a printer will turn into a field expressed with the rectangular parallelepiped surrounded by six Men, Y=Y0, M=M0, C=C0, Y=Ymax, M=Mmax, and C=Cmax.

[0049] In being the operation which performs optimal color correction from this to the color which the 1st color correction operation can reproduce by the printer In order to judge the color which an input signal (R, G, B) can reproduce by the printer, and an unreproducible color It can judge by investigating that they are [of the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) of the 1st color correction result of an operation] $Y0 \leq Y1 \leq Ymax$, $M0 \leq M1 \leq Mmax$, and $C0 \leq C1 \leq Cmax$, respectively. At step 103, each of the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) is more than space concentration, and it is investigating whether it is below maximum density.

[0050] The flow of detailed processing of step 103 is shown in drawing 3. In drawing 3, at step 301, the ink concentration signal Y1 of yellow is more than space concentration among the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1), and it investigates whether it is the value of the range below maximum density. When not going into the range, it judges that an input signal is an unreproducible color, and flg=1 is set up in step 305.

[0051] At steps 302 and 303, the respectively same comparison is performed to the ink concentration signal M1 of the Magenta of the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1), and the ink concentration signal C1 of cyanogen.

[0052] And when the whole (Y1, M1, C1) of the 1st ink concentration signal is a recordable concentration signal, it supposes that it is the color which can reproduce an input signal (R, G, B), and flg=0 is set up in step 304.

[0053] As mentioned above, in this example, the color which an input signal (R, G, B) can reproduce by the printer, and an unreproducible color is judged using the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) which it is as a result of the 1st color correction operation.

[0054] Then, the 2nd color correction operation of step 105 is explained. The 2nd color correction operation in this example asks for the color of an input signal (R, G, B), i.e., the target color of the color reproduction of a printer, predicts the color reproduction of the printer at the time of using the ink concentration signal which determined and set up the performance index according to the target color, and searches for the ink concentration signal with which the evaluation value calculated from a target color and the forecast of color reproduction becomes the optimal.

[0055] The flow of detailed processing of the 2nd color correction operation is shown in drawing 5. First, an input signal (R, G, B) is changed into the chrominance signal of the target color of the color reproduction of a printer at step 501. At this example, the method of an output of CRT of NTSC system calculated the tristimulus value (Xo, Yo, Zo) reproduced when the three-primary-colors luminance signal (R, G, B) which drives CRT as an input signal is used and a three-primary-colors luminance signal is inputted into CRT of NTSC system by the equation (9) formula.

[0056]

[Equation 9]

$$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.60699 & 0.17345 & 0.20057 \\ 0.29897 & 0.58642 & 0.11461 \\ 0.0 & 0.066075 & 1.11586 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

... (9)

[0057] Furthermore, human being's vision property is taken into consideration, and it is a

tristimulus value (X_0 , Y_0 , Z_0) by (10) types $L^* u^* v^*$. It changed into the coordinate (L_0^* , u_0^* , and v_0^*) of system uniform color space. Here, (10) types are $L^* u^* v^*$ advised by Commission Internationale de l'Eclairage CIE. It is the transformation to system uniform color space.

[0058]

[Equation 10]

$$L_0^* = 116 \left(Y_0 / Y_n \right)^{1/3} - 16$$

$$\left(Y_0 / Y_n > 0.008856 \right)$$

$$903.29 \left(Y_0 / Y_n \right)$$

$$\left(Y_0 / Y_n \leq 0.008856 \right)$$

$$u_0^* = 13 L_0^* \left(u_0' - u_n' \right)$$

$$v_0^* = 13 L_0^* \left(v_0' - v_n' \right)$$

$$u_0' = 4 X_0 / (X_0 + 15 Y_0 + 3 Z_0)$$

$$v_0' = 9 Y_0 / (X_0 + 15 Y_0 + 3 Z_0)$$

ただし、照明に用いる標準の光源がC光源で、2度視野の場合、

$$Y_n = 100$$

$$u_n' = 0.2009$$

$$v_n' = 0.4609 \quad \dots (10)$$

[0059] The performance index which evaluates the optimality of the color reproduced by the printer according to an input signal at step 502 is determined. Next, in order to search for the optimal ink concentration signal, the value of an ink concentration signal is set up in step 503.

[0060] The color reproduction (L_i^* , u_i^* , and v_i^*) of the printer at the time of using the ink concentration signal set up at step 503 in step 504 is predicted. The evaluation value over the ink concentration signal set up based on the performance index determined at step 502 using the target color (L_0^* , u_0^* , and v_0^*) of the color reproduction for which it asked at step 501, and the value (L_i^* , u_i^* , v_i^*) of the color reproduction prediction for which it asked at step 504 at step 505 is calculated.

[0061] When it judges whether the evaluation value calculated at step 505 by step 506 is min and it is judged that it is min, the ink concentration signal set up at step 503 is memorized as 2nd ink concentration signal (Y_2 , M_2 , C_2).

[0062] And when it judges whether the retrieval about an ink concentration signal was completed at step 508 and retrieval is not completed, it branches to step 503, an ink concentration signal is newly set up, and step 503 – step 508 are repeated.

[0063] Next, prediction of the color reproduction to the set-up ink concentration signal in step 504 is explained. The 1st color correction operation used in this example is (4) types. Although it is an operation nonlinear as a whole including nonlinear conversion of (5) types, (7) types, etc., since the function with which an inverse function exists is expressing each, it can perform conversion to a three-primary-colors luminance signal from an ink concentration signal by the reverse operation of the 1st color correction operation. Then, it is $L^* u^* v^*$ like the case where change the ink concentration signal set up using the reverse operation of the 1st color correction operation into the three-primary-colors luminance signal which is the color space of an input signal, and it asks for a target color by this example. It changed into the chrominance signal of system uniform color space.

[0064] First, it changes into (Y_2'' , M_2'' , C_2'') by performing nonlinear conversion of (11) types to the set-up ink concentration signal (Y_2 , M_2 , C_2).

[0065]

[Equation 11]

$$C_2'' = C_2^*$$

$$M_2'' = M_2^*$$

$$Y_2'' = Y_2^* \quad \dots (11)$$

[0066] And (Y2'', M2'', C2'') are changed into (Y2', M2', C2') by (12) types which are the reverse matrix operation of (6) types.

[0067]

[Equation 12]

$$\begin{bmatrix} C2' \\ M2' \\ Y2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C2'' \\ M2'' \\ Y2'' \end{bmatrix}$$

ただし、

$$\begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & a'_{13} \\ a'_{21} & a'_{22} & a'_{23} \\ a'_{31} & a'_{32} & a'_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{bmatrix}^{-1} \quad \dots (12)$$

[0068] And it changes into the three-primary-colors concentration signal (D2R, D2G, and D2B) corresponding to the 2nd set-up ink concentration signal (Y2, M2, C2) by nonlinear conversion of (13) types.

[0069]

[Equation 13]

$$\begin{aligned} D2_R &= C2'^{1/a} \\ D2_G &= M2'^{1/a} \\ D2_B &= Y2'^{1/a} \end{aligned} \quad \dots (13)$$

[0070] Furthermore, it changes into the luminance signal (R2', B-2', C2') of additive mixture of colors by reverse complementary color conversion of (14) types.

[0071]

[Equation 14]

$$\begin{aligned} R2' &= 10^{-D2_R} \\ G2' &= 10^{-D2_G} \\ B2' &= 10^{-D2_B} \end{aligned} \quad \dots (14)$$

[0072] And it changes into a three-primary-colors luminance signal (R2, G2, B-2) by the reverse brightness matrix operation of (15) types.

[0073]

[Equation 15]

$$\begin{bmatrix} R2 \\ G2 \\ B2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b'_{11} & b'_{12} & b'_{13} \\ b'_{21} & b'_{22} & b'_{23} \\ b'_{31} & b'_{32} & b'_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R2' \\ G2' \\ B2' \end{bmatrix}$$

ただし、

$$\begin{bmatrix} b'_{11} & b'_{12} & b'_{13} \\ b'_{21} & b'_{22} & b'_{23} \\ b'_{31} & b'_{32} & b'_{33} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix}^{-1} \quad \dots (15)$$

[0074] The three-primary-colors luminance signal (R2, G2, B-2) acquired from the ink concentration signal furthermore, like the case of an input signal (R, G, B) (9) The color reproduction at the time of using the set-up ink concentration signal is predicted by performing conversion to the tristimulus value (Xi, Yi, Zi) displayed on CRT by the formula, and conversion on the coordinate (Li*, ui*, and vi*) of the uniform color space by (10) types.

[0075] the color which can reproduce the 1st color correction operation used by this example as stated previously by the printer — receiving — L* u* v* the color reproduction prediction in this example highly precise amendment called Euv=4.3 in the average color difference Euv in system uniform color space is possible, and using the inverse function of the 1st color correction operation — average color difference Euv= — the highly precise color reproduction prediction about by 4.3 was possible.

[0076] Then, the performance index which evaluates the optimality of the reappearance color of the printer in this example is explained. As shown in (16) types, the lightness (Lo* and Li*) of a target color (Lo*, uo*, and vo*) and the reappearance color (Li*, ui*, and vi*) of a printer, the hue (thetao, thetai), and the thing that multiplied the square of each difference of saturation (So, Si) by the weighting factor were used for the performance index in this example. And the performance index E according to an input signal is set up by changing each weighting factors a, b, and c according to an input signal. In addition, saturation here and a hue are L* u* v*. It is the saturation in system uniform color space, and a hue, and what multiplied the difference of the hue of two colors by the average of the saturation of two colors was used so that lightness, saturation, and a unit might be arranged about a hue.

[0077]

[Equation 16]

$$E = \left\{ \frac{1}{a + b + c} \cdot (a \Delta L^2 + b \Delta H_{uv}^2 + c \Delta S_{uv}^2) \right\}^{1/2}$$

ここで、

$$\Delta L = L_0^* - L_i^*$$

$$\Delta S_{uv} = S_0 - S_i$$

$$S_0 = (u_0^{*2} + v_0^{*2})^{1/2}$$

$$S_i = (u_i^{*2} + v_i^{*2})^{1/2}$$

$$\Delta H_{uv} = \frac{(S_i + S_0)}{2} \cdot |\theta_0 - \theta_i|$$

$$\theta_0 = \tan^{-1} (v_0^* / u_0^*)$$

$$\theta_i = \tan^{-1} (v_i^* / u_i^*) \quad \dots (16)$$

[0078] And the subjectivity evaluation experiment determined the performance index suitable for the target color which an input signal expresses. In the input color space which consists of each luminance signal of (Red R) Green (G) and blue (B) as a color unreproducible by the printer The reappearance color of CRT at the time of driving CRT with 26 input signals located in the wall surface of the reappearance range of CRT is made into a target color. The color chart was created by the printer using the ink concentration signal determined using several sorts of performance indices, each color chart and target color were compared, and the performance index suitable for each target color was determined by choosing the color chart sensed to be the optimal to each target color. As a performance index, the performance index which thought lightness reappearance as important, the performance index which thought hue reappearance as important, lightness, a hue, and three sorts of performance indices of the performance index which thought saturation as important equally were used. In the performance index of lightness serious consideration, in (16) evaluation-of-expression function E, the performance index of hue serious consideration made weighting-factor b of a hue the big value for weighting-factor a of lightness [else], and, specifically, lightness, the hue, and the performance index that thinks saturation as important equally made each weighting factor the same value.

[0079] The performance index judged to be the optimal to each input signal determined by subjectivity evaluation is shown in drawing 6 . In the input color space where drawing 6 expressed each luminance signal of (Red R) Green (G) and blue (B) as a shaft of a rectangular coordinate system The performance index judged to be the optimal is shown to 26 input signals chosen as a target color of a subjectivity evaluation experiment, drawing 6 (a) is drawing which looked at the reappearance range of CRT from the white (W) side, and drawing 6 (b) is drawing which looked at the reappearance range of CRT from the black (Bk) side which is the zero of an input color space. For example, the color chart which created each weighting factor using the ink concentration signal determined by the performance index made into the same value when a target color was the blue (B) of CRT is sensed the most desirable. The color chart created using the ink concentration signal determined by the performance index which thought lightness as important when a target color was Green (G) of CRT is sensed the most desirable. When a target color was the red (R) of CRT, the color chart created using the ink concentration signal determined by the performance index which thought the hue as important was sensed the most desirable. Moreover, in drawing 6 , to the white (W) and black (Bk) of CRT which were shown by the black dot, even if it used which performance index, the same ink concentration signal (to W, YMC is [as opposed to / in YMC / space concentration and Bk] maximum density) was

acquired. In this example, as shown in drawing 6, the ink concentration signal over each input signal was determined using lightness, the hue, and the performance index to which the weighting factor to saturation was continuously changed according to the input signal.

[0080] Then, the example of the color reproduction experimental result using the ink concentration signal determined by the color picture formation approach in the 1st example is shown. Drawing 7 is $L^* u^* v^*$. In system uniform color space, the result of the color reproduction of a printer to the red, Green, the blue, and each input signal of CRT as an input signal in which the color reproduction of a printer is impossible is shown. In drawing 7, as for the target color of Green, the reappearance color of a printer, and P6 and R6, P4 and R4 express a target color with the target color of red, the reappearance color of a printer, and blue P5 and R5, and the reappearance color of a printer, respectively. As stated previously, the reappearance with almost same target color and hue was performed among colors reproducible by the printer by having determined the ink concentration signal to the input signal of red using the performance index which thought the hue as important. Similarly, to the input signal of Green, the color reproduction with almost same target color and lightness was performed, and to the blue input signal, color reproduction was performed so that a target color and the distance in uniform color space might become small among colors reproducible by the printer.

[0081] In the above, the experimental result was explained to the performance index and pan suitable for the configuration of an experimental device, actuation, the processing that determines the ink concentration signal over an input signal further, and an input signal about the 1st example of the color picture formation approach of this invention. Thus, using the performance index determined by subjectivity evaluation experiment according to the input signal, by determining an ink concentration signal, color reproduction which human being senses is the most desirable as compared with a target color was performed, and it became possible in this example to improve image quality greatly.

[0082] In addition, although the performance index shown in drawing 6 was used in this example, since the color reproduction range of a printer becomes what changed with the recording method of a printer, and spectral characteristics of ink to be used, it is possible that the performance index suitable for a target color brings the result of having changed with printers, and this invention is not limited to this performance index.

[0083] Next, the 2nd example of the color picture formation approach of this invention is explained. The 2nd example of this invention was performed using the same experimental device as the 1st example. in the 2nd example, it store on RAM202 of drawing 2 beforehand by setting to LUT (look-up table) the ink concentration signal (C, M, Y) corresponding to $32 \times 32 \times 32$ discrete representation points respectively give in 5 bits of each color high order of the input signal of 8-bit precision, and the eight-point interpolation method which be a three dimension linear interpolation method determine the ink concentration signal over the input signal locate in the middle of a representation point on the occasion of record. Moreover, the color picture formation approach of this example determines the ink concentration signals over the input signal of $32 \times 32 \times 32$ discrete representation points also including an input signal unreproducible by the printer, and determines the ink concentration signal further used for record by performing an operation soon in an input color space.

[0084] The whole processing of the table creation in this example is explained using drawing 8. In order to determine the ink concentration signal over all the input signals of $32 \times 32 \times 32$ discrete representation points, an input signal (R, G, B) is first set up at step 801.

[0085] In step 802, it gives the 1st color correction operation which performs optimal color correction to a color reproducible by the printer to the set-up input signal (R, G, B), and the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) is acquired. The 1st color correction operation in this example performs the linearity matrix operation in a luminance signal, a complementary color operation, and the nonlinear masking operation in a concentration signal as well as the 1st color correction operation in the 1st example.

[0086] In step 803 the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) of the 1st color correction result of an operation, respectively [whether it is the color which an input signal (R, G, B) can reproduce by the printer by investigating that they are $Y0 \leq Y1 \leq Y_{max}$, $M0 \leq M1 \leq M_{max}$, and $C0 \leq C1 \leq C_{max}$, and] When the flg signal with which a decision result is expressed when it

judges whether it is an unreproducible color and it is judged that it is a reproducible color is judged to be the color in which $\text{flg}=0$ and reappearance are impossible, it sets up with $\text{flg}=1$.

[0087] At step 804, according to the decision result of step 803, in being the color ($\text{flg}=0$) which can reproduce an input signal (R, G, B), in being the color ($\text{flg}=1$) which cannot reproduce an input signal (R, G, B), it branches to step 806 to step 805.

[0088] At step 805, the 2nd color correction operation which searches for the 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) which can perform optimal color reproduction among colors reproducible by the printer is performed to an input signal (R, G, B) unreproducible by the printer. although the 2nd color correction operation in this example search for the ink concentration signal with which the evaluation value calculate from the forecast of the target color and color reproduction which an input signal express like the 1st example become the optimal, it differ from the 1st example in this example, and it be $L^*u^*v^*$. distance of system uniform color space be made into the performance index over all the input signals of a representation point.

[0089] In step 806, either the 1st ink concentration signal (Y1, M1, C1) or the 2nd ink concentration signal (Y2, M2, C2) is chosen according to a flg signal, and it stores in RAM202 as 3rd ink concentration signal (Y3, M3, C3).

[0090] At step 807, it judges whether processing which determines the 3rd ink concentration signal was performed to all the input signals of a representation point. By branching to step 801, when the processing to all the input signals of a representation point is not completed, and increasing the value expressed with 5 bits of each color high order of an input signal, the input signal which should be processed next is set up and step 802 – step 806 are processed. And when the processing to all the input signals of a representation point is completed, it branches to step 808.

[0091] After step 808, it is processing for performing the near operation using the 3rd [to the input signal located around the input signal which observes the 3rd / to the input signal to observe / ink concentration signal (Y3, M3, C3) in an input color space] ink concentration signal (Y3, M3, C3). In this example, the operation was performed to the 3rd [to the input signal of a representation point] ink concentration signal (Y3, M3, C3) soon.

[0092] Step 808 sets up an input signal, in order to perform an operation soon to the 3rd ink concentration signal (Y3, M3, C3) corresponding to all the input signals of a representation point. At step 809, an operation will be performed to the 3rd ink concentration signal (Y3, M3, C3) corresponding to the input signal set up at step 808 soon.

[0093] At step 810, the ink concentration signal which performed the operation soon is stored in LUT on RAM202 as 4th ink concentration signal (Y4, M4, C4). At step 811, it judges whether the operation was processed soon to the 3rd ink concentration signal (Y3, M3, C3) corresponding to all the input signals of a representation point. By branching to step 808, when processing is not ended, and increasing the value expressed with 5 bits of each color high order of an input signal, the input signal which should be processed next is set up and same processing is performed. And when processing is completed to the 3rd [to all the input signals of a representation point] ink concentration signal (Y3, M3, C3), processing of table creation is ended.

[0094] And the input signal (R, G, B) of the 8-bit precision which should record from the I/O means 204 of drawing 2 on the occasion of record is inputted. When CPU201 refers to LUT on RAM202 according to 5 bits of high orders of an input signal (R, G, B) By searching for the 4th [to the input signal of the representation point expressed with 5 bits of high orders of an input signal (R, G, B)] ink concentration signal (Y4, M4, C4), and performing the interpolation operation using 3 bits of low order of an input signal (R, G, B) The ink concentration signal over an input signal (R, G, B) is determined, and it outputs from the I/O means 204. In addition, the interpolation operation in this example used the conventional three-dimension interpolation operation using the weighting factor equivalent to the volume ratio chosen by the low order triplet of the 4th [to the input signal of eight representation points of being located at the top-most vertices of the unit cube with which an input signal (R, G, B) is included in an input color space] ink concentration signal (Y4, M4, C4), and an input signal.

[0095] Next, the near operation of step 809 is explained. Although one result of the 2nd color correction operation is chosen to an input signal unreproducible by the 1st color correction operation and the printer to an input signal recordable by the printer as point ** was carried out,

the 3rd [to the input signal of each representation point] ink concentration signal By the 2nd color correction operation, since the optimal ink concentration signal was searched for for every input signal, there was a case where a reappearance color changed rapidly in the case of an image from which an input signal changes continuously depending on the configuration of the color reproduction range of a printer, and the smoothness of the gradation nature of a reappearance image was spoiled to it. Then, the near operation of this example performs the spatial filter operation of the three dimension in (Red R) Green (G) and the input color space which set the shaft of a rectangular coordinate system as each luminance signal of blue (B). [0096] The mimetic diagram of the spatial filter of the three dimension in an input color space is shown in drawing 9 . The input signal of a representation point which drawing 9 (a) shows the input signal which should perform the near operation among the input signals of the representation point which exists in an input color space, and to observe, and the input signal of a representation point used for the near operation in three dimension, and will be used for an operation soon is an input signal of six representation points which adjoin each shaft orientations of R, G, and B of the input signal of the representation point to note. The signal expressed with 5 bits of high orders of the input signal of the representation point to note is set to (R0, G0, B0). R0-1, (G0, B0), the input signal of six representation points to be used for an operation soon If R0+1, (G0, B0), (R0, G0+1, B0), and (R0, G0, B0+1), [(R0, G0-1, B0), (R0, G0, B0-1),] For example, (R0, G0, B0) shows 5 bits of high orders of each six elements of the input signal of a representation point which 5 bits of high orders of each element will use for an operation with a binary number soon in the case of (11011, 10111, 00110) in (Table 1).

[0097]

[Table 1]

	R要素	G要素	B要素
(R0, G0, B0)	11011	10111	00110
(R0-1, G0, B0)	11010	10111	00110
(R0, G0-1, B0)	11011	10110	00110
(R0, G0, B0-1)	11011	10111	00101
(R0+1, G0, B0)	11100	10111	00110
(R0, G0+1, B0)	11011	11000	00110
(R0, G0, B0+1)	11011	10111	00111

[0098] Moreover, drawing 9 (b) and (c) divide and show each multiplier of the 3rd [to the 3rd / to the input signal to observe / ink concentration signal and the input signal of a representation point used for the near operation in a spatial filter operation] ink luminance signal to two drawings. The signal of Y to the input signal observed among the elements of Y, M, and C of the 3rd ink concentration signal Y3 (R0, G0, B0), The signal of Y to the input signal of a representation point used for six near operations Y3 (R0-1, G0, B0), If expressed Y3 (R0, G0-1, B0), Y3 (R0, G0, B0-1), Y3 (R0+1, G0, B0), Y3 (R0, G0+1, B0), and Y3 (R0, G0, B0+1) In this example, as shown in drawing 9 (b) and (c), count of (17) types determines the signal Y4 (R0, G0, B0) of the 4th Y to the input signal to observe.

[0099]

[Equation 17]

$$Y4(R0, G0, B0) = \{ 2 \times Y3(R0, G0, B0) + Y3(R0-1, G0, B0) + Y3(R0, G0-1, B0) \\ + Y3(R0, G0, B0-1) + Y3(R0+1, G0, B0) + Y3(R0, G0+1, B0) \\ + Y3(R0, G0, B0+1) \} \times 1/8$$

... (17)

[0100] The same operation is performed among [M and C] the elements of Y, M, and C of the 3rd ink concentration signal, and it asks for the element of M and C of the 4th ink concentration signal. Next, the result of the color reproduction experiment at the time of giving the color

picture formation approach of this example is explained using drawing 10. Drawing 10 (a) is the color reproduction range of a printer $u^* v^*$ of $L^* u^* v^*$ system uniform color space. Expressing to a flat surface, drawing 10 (b) is drawing which expanded the part enclosed with the circle of (a). The target color of a color reproduction experiment and the reappearance color of a printer are shown in drawing 10 (b). A white round head is a target color and is a color unreproducible by the printer, respectively. The color reproduction of the printer at the time of using the 3rd ink concentration signal before a trigonum performs the near operation of this example, and a rectangular head are the color reproduction of the printer at the time of using the 4th ink concentration signal obtained by performing an operation soon to this 3rd ink concentration signal. Moreover, the white round head of a target color and the trigonum of the color reproduction using the 3rd ink concentration signal are connected with the wavy line, and the rectangular head of the color reproduction using the 4th ink concentration signal is connected with the continuous line. As shown in this drawing, when the 4th ink concentration signal which performed the operation to discontinuity to color reproduction changing soon was used, discontinuous color reproduction was eased by having used the 3rd ink concentration signal which will not perform an operation soon to the target color which changes continuously.

[0101] In the above, the processing and the experimental result which determine the ink concentration signal over an input signal were explained about the 2nd example of the color picture formation approach of this invention. According to the color picture formation approach of this example, by searching for the optimal ink concentration signal for every input signal from an input signal unreproducible by the printer, and performing the near operation of a three dimension further in an input color space, a rapid change of color reproduction is suppressed to the target color which changes continuously, and it becomes possible to ease discontinuous color reproduction.

[0102] In addition, although count by (17) types was performed in this example soon, using the 3rd ink concentration signal of the input signal of six representation points as an operation, neither the number of the 3rd ink concentration signal which will use this invention for an operation soon, nor the multiplier of a spatial filter operation is limited to the thing of this example.

[0103] Moreover, although the operation was performed to the 3rd [to the input signal of the representation point expressed with 5 bits of high orders of an input signal] ink concentration signal in this example soon, the bit precision showing a representation point is not limited. For example, by choosing the multiplier of a spatial filter operation, even if it will perform an operation to the 3rd [to all the input signals expressed with 8 bit precision] ink concentration signal soon, the same effectiveness is acquired.

[0104] Next, the 3rd example of the color picture formation approach of this invention is explained. The 3rd example of this invention is performed using the same experimental device as the 1st example. It stores on RAM202 of drawing 2 beforehand like the 2nd example by setting to LUT (look-up table) the ink concentration signal (C, M, Y) corresponding to $32 \times 32 \times 32$ discrete representation points respectively given in 5 bits of each color high order of the input signal of 8-bit precision. On the occasion of record, the eight-point interpolation method which is a three-dimension linear interpolation method determines the output to the input signal located in the middle of a representation point.

[0105] The color picture formation approach of this example determines the ink concentration signal over the input signal of a representation point, and determines the ink concentration signal used for record by performing the near operation using the ink concentration signal over the input signal located around the input signal which observes the ink concentration signal over the input signal to observe in an input color space.

[0106] In the 3rd example, the flow of processing of the whole which creates the table of the 4th [to the input signal of a representation point] ink concentration signal is the same as that of the flow chart of drawing 8 explained in the 2nd example. That is, to all the input signals of a representation point, the result of either the 1st color correction operation or the 2nd color correction operation is chosen according to the decision result of whether an input signal is a color reproducible by the printer, or to be an impossible color, and it stores in memory as 3rd ink concentration signal, and an operation will be performed further soon and it will store as an LUT

on RAM202 as 4th ink concentration signal.

[0107] However, it is the performance index which evaluates optimality by the 2nd color correction operation in the 2nd example to the input signal of all representation points $L^* u^* v^*$. Although considered as the distance of system uniform color space, by the 2nd color correction operation in this example, the performance index changed each weighting factor according to the input signal using (16) evaluation-of-expression function like the 1st example, and the ink concentration signal was determined.

[0108] When an image was formed by the printer using the color picture formation approach of this example, in the 2nd color correction operation, it became possible by changing the performance index according to an input signal to perform color reproduction which human being senses is the most desirable as compared with a target color also to an input signal unreproducible by the printer. Moreover, it was possible to have realized smooth gradation reappearance, without producing a rapid gradation change also in the case of an image which changes continuously in the color which an input signal cannot reproduce [of a printer] by performing the near operation using the ink concentration signal over the input signal located around the input signal to observe to the ink concentration signal over the input signal to observe.

[0109] In the above, the example about the color picture formation approach of this invention was explained. Here, although it considered as the luminance signal which drives an input signal and drives CRT in these examples and being considered as the linearity matrix operation [in / for the 1st color correction operation / a luminance signal], and the operation which combined the nonlinear masking operation in a concentration signal, the 1st color correction operation of the color picture formation approach of this invention is not limited to the above-mentioned operation. For example, if it is the color correction operation expressed with the function with which an inverse function exists like the conventional linearity masking, it is possible to perform color reproduction prediction to the set-up ink concentration signal in the 2nd color correction operation using the reverse operation of the 1st color correction operation.

[0110] Or if the reverse operation of the 1st color correction operation is not used for color reproduction prediction, while using the conventional nonlinear high order masking, for example as 1st color correction operation, it is also possible to perform color reproduction prediction to the ink concentration signal which expressed the conversion to an ink concentration signal from an input signal with the conventional linearity masking, and was set up using the inverse function of this linearity masking. In this case, to an input signal reproducible by the printer, it becomes the color correction in the high degree of accuracy of nonlinear high order masking is possible, and possible to perform optimal color reproduction in the color reproduction prediction according to the precision of linearity masking to an input signal unreproducible by the printer.

[0111] Moreover, although the color printer of a sublimation mold thermal imprint recording method was used in this example, it is in ** that the color picture formation approach of this invention and color picture formation equipment are not what is limited to the recording method of a printer.

[0112]

[Effect of the Invention] According to this invention, to an input signal reproducible by the printer, as mentioned above, the 1st ink concentration signal by the 1st color correction operation It considers as the ink concentration which uses the 2nd ink concentration signal by the 2nd color correction operation for record to an input signal unreproducible by the printer. And by changing the performance index which judges the optimality of color reproduction in the 2nd color correction operation according to an input signal The color reproduction using the color which human being senses is the most desirable among colors reproducible by the printer to all input signals becomes possible, and it becomes possible to improve degradation of image quality greatly.

[0113] Moreover, the lightness of the color and the color reproduction prediction of a printer which an input signal expresses as a performance index over an input signal unreproducible by the printer, By changing each weighting factor continuously to the information using the difference about saturation and a hue according to an input signal, and judging optimality to it, using the information which applied each weighting factor While it is possible to make it reflect in

color reproduction any to be thought as important between the lightness which is the three attributes of a color, a hue, and saturation, it becomes possible to change a performance index smoothly to change of an input signal.

[0114] To an input signal reproducible by the printer, moreover, the 1st ink concentration signal by the 1st color correction operation Moreover, to an input signal unreproducible by the printer, choose the 2nd ink concentration signal by the 2nd color correction operation as 3rd ink concentration signal, respectively, and the 3rd ink concentration signal is received. By using for record the 4th ink concentration signal obtained by performing the near operation of the three dimension in an input color space Also when recording an image which changes continuously in the color which an input signal cannot reproduce by the printer, a rapid change of color reproduction is suppressed and it becomes possible to ease discontinuous color reproduction.

[0115] Moreover, while changing a performance index according to an input signal in the 2nd color correction operation By using for record the 4th ink concentration signal which performed the operation to the 3rd ink concentration signal soon It becomes it is possible for it to be compatible in the smooth gradation reappearance to an image which changes continuously in the color in which the color reproduction which human being senses is the most desirable to all input signals and reappearance of an input signal of a printer are impossible, and possible to improve the image quality of a reappearance image sharply.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The flow chart which shows the flow of the whole processing of the color picture formation approach of the 1st example of this invention

[Drawing 2] The block block diagram of the experimental device used in the example of this invention

[Drawing 3] The detailed flow chart which judges the color which can reproduce an input signal, or an unreproducible color in this example

[Drawing 4] Drawing which expressed the field reproducible by the printer in ink concentration space

[Drawing 5] The detailed flow chart of the 2nd [on this example and as opposed to an unreproducible color] color correction operation

[Drawing 6] Drawing having shown the performance index according to the input signal in the 2nd color correction operation in this example

[Drawing 7] Drawing having shown the color reproduction experimental result in this example in uniform color space

[Drawing 8] The flow chart which showed the processing which creates the table of an ink concentration signal to the input signal of the color picture formation approach of the 2nd example of this invention

[Drawing 9] The mimetic diagram which will explain an operation in this example soon

[Drawing 10] Drawing having shown the color reproduction experimental result in this example in uniform color space

[Drawing 11] Drawing having shown the example of the spectral extinction property of the ink used by the printer of a sublimation mold thermal imprint recording method

[Drawing 12] Drawing having shown the example of the color reproduction range of CRT and a printer

[Drawing 13] Drawing having shown the color reproduction by the conventional color picture formation approach in the case of the color which an input signal cannot reproduce by the printer

[Description of Notations]

201 CPU

202 RAM

203 ROM

204 I/O Means

205 Bus

206 Control Means

207 Thermal Head

[Translation done.]